



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

TUUKKA KARJALAINEN

UUSIEN ENERGIA TEHOKKUUSTAVOITTEIDEN VAIKUTUS
HOIVARAKENNUSTEN RAKENTEISIIN SEKÄ TALOTEKNIikkaAN

Diplomityö

Tarkastajat: professori Arto Saari ja
diplomi-insinööri Juhani Heljo
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
Koulutusvaradekaanin päätöksellä
30.01.2017

TIIVISTELMÄ

TUUKKA KARJALAINEN: Uusien energiatehokkuustavoitteiden vaikutus hoivarakennusten rakenteisiin sekä talotekniikkaan

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 80 sivua, 9 liitesivua

Elokuu, 2017

Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Rakennustuotanto ja -talous

Tarkastaja: professori Arto Saari ja diplomi-insinööri Juhani Heljo

Avainsanat: energiamääräykset, energiatehokkuus, hoivarakennus, elinkaarikustannukset.

Diplomityön lähtötilanne on, että uudet energiamääräykset tulevat voimaan alkaen vuonna 2018. Uusia energiamääräyksiä ei oltu vielä julkaistu. Uusista energiamääräyksistä oli tehty luonnoksia, jotka olivat julkaistu ympäristöministeriön sivuilla.

Rakennusliike Lapti Oy tilasi työn, jotta tarkastellaan hoivarakennusten energiatehokkuutta. Hoiva-rakennuksien energiatehokkuus on ollut hyvin lähellä vuoden 2012 energiamääräyksiä mukaisia. Uusien energiamääräyksiä myötä hoiva-rakennuksien energiatehokkuutta täytyy parantaa, jotta hoivarakennuksia voidaan toteuttaa uusien määräyksiä tullessa voimaan.

Uusia energiamääräyksiä tarkasteltiin luonnoksien pohjalta. Uusien energiamääräyksiä luonnosten pohjalta pääteltiin, kuinka paljon energiatehokkuutta tarvitsee parantaa hoivarakennuksista. Luonnoksista ei voida täysin kuitenkaan päätellä, minkälaisina uudet energiamääräykset astuvat voimaan 1.1.2018.

Hoiva-rakennuksien rakenteellisia sekä talotekniikan ratkaisuita tarkasteltiin kolmesta eri case-kohteesta. Valitut case-kohteet edustava tyypillisiä rakenteellisia sekä talotekniikan ratkaisuita hoivarakennuksissa. Case-kohteina on kaksi palvelukotia sekä yksi päiväkotia. Case-kohteiden perusteella haastateltiin asiantuntijoita eri osa-alueilta tyypillisistä ratkaisuksista. Haastattelujen perusteella haettiin myös energiatehokkuuden parantamiseen ratkaisuita. Lopulliset energiatehokkuuden parannukset saatiin kirjallisuuden sekä haastatteluiden pohjalta. Energiatehokkuuden parannusratkaisuja tarkasteltiin talouslaskelmien avulla. Parannusvaihtoehdoille tehtiin elinkaarikustannuslaskentaa, jonka perusteella arvioitiin toimenpiteen kannattavuutta. Elinkaarikustannuksien arvioinnin jälkeen koottiin kolme vaihtoehtoista ratkaisu hoiva-rakennuksille. Kolme vaihtoehtoista ratkaisua ovat tasoiltaan erilaisia; halvin rakennusaikaisilta kustannuksiltaan, energiatehokas ratkaisu sekä energiantuotantoratkaisu.

Uudet energiamääräykset eivät lopulta ole kovin suuri kiristys nykyisiin energiamääräyksiin. Uudet E-luvun raja-arvot saavat uudet energiamääräykset näyttämään todella kiireiltä, mutta uusien energiamääräyksiä luonnoksien sisällön perusteella voidaan päätellä, etteivät energiamääräykset kiristy paljoa, koska energiamuutokset muuttuvat uusien energiamääräyksiä luonnoksissa. Tarvittavat energiansäästötoimenpiteet, jotta päästään uusien energiamääräyksiä raja-arvoihin, voi jäädä minimaaliseksi.

ABSTRACT

TUUKKA KARJALAINEN: Effect of the new energy efficiency goals on structures of the care buildings and on house technique

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 80 pages, 9 Appendix pages

August, 2017

Master's Degree Programme in Civil Engineering

Major: Construction management and economics

Examiners: Professor Arto Saari and Master of Science Juhani Heljo

Keywords: energy regulations, energy efficiency, care buildings, life cycle costs.

The start situation of the diploma work is that the new energy regulations will come into force since 2018. The new energy regulations had not been published yet. There has been sketches of new energy regulations which were published on the websites of the Ministry of the Environment had been made.

Construction firm Lapti Oy ordered the work so that energy efficiency of care buildings will be examined. The energy efficiency of care buildings has been in accordance with the 2012 energy regulations very near. With new energy regulations, the energy effectiveness of the care buildings must be improved so that the care buildings can be carried out when the new regulations come into force.

The new energy regulations were examined based on the sketches. Based on the sketches of new energy regulations it was concluded how much energy efficiency should be improved from care buildings. However, one cannot conclude from the sketches how exactly the new energy regulations will come into force 1.1.2018.

The structural solutions of care buildings and house technique were examined from three case targets. Chosen case targets representing the typical solutions of the structural and the house technique in care buildings. The case targets are two service homes and one day nursery. On the basis of the case targets experts from the separate sectors were interviewed about typical solutions. On the basis of the interviews solutions for the improvement of the energy efficiency also were sought. The final improvements of the energy efficiency were obtained based on literature and interviews. The improvement solutions of the energy efficiency were examined with the help of economy calculations. To the improvement alternatives a life cycle costs on the basis of which the profitability of the measure was estimated was made. After the evaluation of lifespan costs a solution to the care buildings was collected three alternative ones. Three alternative solutions have the different levels; cheapest from its building-time costs, energy efficient solution and energy productions solution.

The new energy regulations are not a very big tightening eventually to the present energy regulations. The new limit values of the energy efficiency number make the new energy regulations look like spurts really but on the basis of the contents of the sketches of new energy regulations one can conclude that one does not tighten much the energy regulations because the energy form factor change in the sketches of new energy regulations. So, that the limit values of new energy regulations will be achieved, the necessary energy saving operatives can remain minimal.

ALKUSANAT

Rakennusliike Lapti Oy tilasi tämän diplomityön. Diplomityö tehtiin yhteistyössä Rakennusliike Lapti Oy sekä Insinööritoimisto Vesitaito Oy:n kanssa. Rakennusliike Lapti Oy antoi tarvittavat taloustiedot työhön liittyen sekä Insinööritoimisto Vesitaito Oy opasti energialaskennoissa.

Haluan kiittää Rakennusliike Lapti Oy:ta, että sain tehdä diplomityöni heille. Rakennusliike Lapti Oy:n puolelta erityiskiitos Jonne Erkkilälle, joka auttoi diplomityöhön liittyvissä asioissa rakennusliikkeen puolelta. Erityisesti kiitos TTY:n ohjaajalle DI Juhani Heljolle. Heljo antoi hyvin opastusta, kun tarvitsin opastusta diplomityön teossa. Kiitos myös Insinööritoimisto Vesitaito Oy:lle, joka antoi pohjan minulle energialaskentaan. Kiitos myös kaikille, jotka antoivat haastattelut diplomityötä varten tai muita tietoja diplomityötä varten.

Diplomityö sisälsi taloustarkasteluita, joita ei voitu kuitenkaan julkaista työn mukana. Taloustarkastelut annettiin vain tarkastajien käyttöön, jotta he pystyivät arvioimaan työn talouslaskelmia.

Toivottavasti diplomityöstä on apua Rakennusliike Lapti Oy:lle, joka tilasi työn. Uusia energiamääräyksiä ei olla vielä julkaistu, mutta toivottavasti tästä diplomityöstä on hyötyä heille sekä muille, jotka miettivät uusien energiamääräyksiä vaikutuksia. Energiansäästötoimenpiteet pitää tapauskohtaisesti miettiä, jos halutaan energiatehokas kokonaisuus. Pitäisi pyrkiä aina energiatehokkaaseen ajattelutapaan eikä investointikustannuksiltaan halvimpaan ratkaisuun. Toivottavasti saatte tästä diplomityöstä ideoita, kuinka lähдете parantamaan energiatehokkuutta.

Tampereella, 2.8.2017

Tuukka Karjalainen

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Tausta	1
1.2	Tavoitteet ja rajaukset	1
1.3	Työn suoritus ja tutkimuksen kulku	2
2.	ENERGIAMÄÄRÄYKSET SEKÄ ENERGIATEHOKKUUS	4
2.1	Tavoitteet sekä sisältö	5
2.2	Lähtötiedot energiamääräysten ja -todistuksien laskentaan	7
2.3	Energiatehokkuus ja E-luku	11
2.4	Uusien energiamääräysten luonnokset	18
3.	TALOUDELLINEN TARKASTELU	22
4.	HOIVA-RAKENNUSTEN NYKYISET RAKENTEET SEKÄ TALOTEKNISET RATKAISUT	28
4.1	Palvelukoti Kemiönsaari	28
4.1.1	Energialaskennan lähtötiedot	28
4.1.2	Rakenteet	29
4.1.3	LV-järjestelmät	34
4.1.4	IV-järjestelmät	34
4.1.5	Sähkölaitteet	34
4.1.6	Automaatio-järjestelmät	35
4.2	Palvelukoti Heinola	36
4.2.1	Energialaskennan lähtötiedot	36
4.2.2	Rakenteet	37
4.2.3	LV-järjestelmät	42
4.2.4	IV-järjestelmät	42
4.2.5	Sähkölaitteet	42
4.2.6	Automaatio-järjestelmät	43
4.3	Päiväkoti Joensuu	44
4.3.1	Energialaskennan lähtötiedot	44
4.3.2	Rakenteet	45
4.3.3	LV-järjestelmät	50
4.3.4	IV-järjestelmät	50
4.3.5	Sähkölaitteet	50
4.3.6	Automaatio-järjestelmät	51
4.4	Nykyisten ratkaisuiden toimivuus uusiin määräyksiin nähden sekä havaittavat ongelmat	52
5.	HAASTATTELUT	55
5.1	Rakennesuunnittelija	55
5.2	LVI-suunnittelija	56
5.3	Sähkösuunnittelija	57
5.4	Insinööritoimisto Vesitaito	58

6.	ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMISEN VAIHTOEHDOT	60
6.1	Rakenteelliset vaihtoehdot	60
6.2	Talotekniikan vaihtoehdot.....	61
6.2.1	LVI.....	61
6.2.2	Sähkö ja automaatio	63
6.3	Energiantuottojärjestelmät	64
7.	PARANNUSVAIHTOEHTOJEN TALOUDELLINEN TARKASTELU.....	66
7.1	Rakennetekniikka	67
7.2	Talotekniikka.....	68
7.3	Energiantuotanto	70
8.	KOLME ERI VAIHTOEHTOISTA PAKETTIRATKAISUA	72
8.1	Rakentamisen aikaiset kustannukset alhaisimmat.....	72
8.2	Energiatehokas ratkaisu.....	73
8.3	Taloudellinen kannattavuus huonoin, mutta paras energiansäästö	74
8.4	Vertailu.....	75
9.	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	77
9.1	Uudet energiamääräykset	77
9.2	Energiansäästötoimenpiteet.....	78
9.3	Jatkotutkimus	79
	LÄHTEET.....	81

LIITE A: HAASTATTELUPOHJA – RAKENNESUUNNITTELIJA

LIITE B: HAASTATTELUPOHJA – LVI-SUUNNITTELIJA

LIITE C: HAASTATTELUPOHJA – SÄHKÖSUUNNITTELIJA

LIITE D: HAASTATTELUPOHJA – VESITAITO

KÄSITTEET

<i>Energiamääräykset</i>	Ympäristöministeriö asettamat määräykset liittyen rakennuksien energiatehokkuuteen. Energiamääräyksissä asetetaan rakennuksille vähimmäistaso, mitä rakennus saa kuluttaa käytössä.
<i>Energiantuottaminen</i>	Järjestelmä, jonka toiminnasta syntyy enemmän energiaa kuin se kuluttaa. Energiantuottojärjestelmä voi olla esimerkiksi aurinkosähköpaneelit, jolloin tuotetaan sähköenergiaa.
<i>Investoinnin tehokkuusluku</i>	Investoinnin tehokkuusluvulla (€/kWh_E) voidaan tarkastella, kuinka paljon tarvitsee investoida (€/m^2), jotta saadaan E-lukua yhden yksikön (kWh_E/m^2) verran paremmaksi. Investoinnin tehokkuudella voidaan tarkastella, miten investoinnit voi tehdä, että saadaan E-lukua parannettua mahdollisimman tehokkaasti. Mitä suurempi investoinnin tehokkuusluku on, sitä huonompi tehokkuus investoinnilla on. Tarkastelu voi sopia, jos halutaan investoida parantaakseen pelkästään E-lukua.
<i>Lisäkustannus</i>	Kustannus, joka tulee alkuperäisen kustannuksen lisäksi, jotta päästään tavoitteeseen.
<i>Massiivipuurakenne</i>	Rakenne on tehty kokonaan puusta ja rakenteen sisälle ei olla lisätty muita materiaaleja. Esimerkkinä hirsiseinä.
<i>Nollaenergiataso</i>	Rakennuksen tuottama energia myydään ulos, ja sen arvo on yhtä paljon kuin sisään ostetun energian arvo.
<i>Passiivitalo</i>	Passiivitalon määritelmässä passiivisuus viittaa, että energiansäästötoimenpiteiden pääpaino ei ole talotekniikassa. Passiivitalossa pääpaino on rakennuksen ulkovaipan hyvä lämmöneristys sekä ilmantiiveys. Suomalainen passiivitalonmääritelmä määritellään eritavoin riippuen, missä päin Suomea rakennus sijaitsee. Suomalaisen passiivitalon määritelmän kriteerit ovat:

	Etelärannikko	Maan keskiosat	Pohjoisosat
Lämmitysenergiantarve	$\leq 20 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$	$\leq 25 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$	$\leq 30 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
Kokonaisprimäärienergiantarve	$\leq 130 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$	$\leq 135 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$	$\leq 140 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
Ilmanvuotoluku n50	$\leq 0,6 \text{ l/h}$	$\leq 0,6 \text{ l/h}$	$\leq 0,6 \text{ l/h}$

Perusratkaisu

Rakennus suunnitellaan tietyn periaatteiden mukaisesti. Alkuperäisten periaatteiden mukaisesti suunniteltu ratkaisu on perusratkaisu. Perusratkaisu toimii pohjana, kun haetaan parannusratkaisuita järjestelmälle tai rakenteille.

1. JOHDANTO

1.1 Tausta

Energiamääräyksien kiristytminen vaikuttaa 1.1.2018 sekä sen jälkeen myönnettyihin rakennuslupiin. Diplomityön on tilannut Rakennusliike Lapti Oy. Rakennusliike Lapti Oy on Suomen johtava hoivatilojen rakentaja. Hoiva-rakennuksiin kuuluvat palvelutalot vanhuksille sekä päiväkodit lapsille. Rakennusliike Lapti Oy on hankkinut konsultointiapua Insinööritoimisto Vesitaito Oy:stä. Insinööritoimisto Vesitaito Oy auttaa energiaan liittyvissä asioissa, kuten energiamääräysten arvioinnissa sekä energialaskennassa.

Uusia energiamääräyksiä ei olla vielä julkaistu. Uusien energiamääräysten luonnokset ovat olleet jo lausuntokierroksella. Diplomityössä käytetäänkin uusien energiamääräysten luonnoksia hyväksi. Luonnoksista voidaan arvioida mahdollisten muutoksien tarvetta hoiva-rakennuksien rakenteissa sekä talotekniikassa.

Hoiva-rakennukset eivät ole suuria rakennuksia yleisesti. Rakennukset ovat yleisesti 1-kerroksisia puuelementtitaloja, joissa alapohja vaihtelee maanvaraisesta tuulettuvaan. Uusien energiamääräysten myötä Rakennusliike Lapti Oy kehittää toimintaansa tuottamalla energiatehokkaampia hoivarakennuksia. Energiatehokkaammat rakennukset hyödyttävät myös rakennuttajia, jolloin heidän energiakustannukset laskevat.

Uusia tekniikoita ja rakenteellisia ratkaisuita on kehitetty viime vuosina. Diplomityössä pyritäänkin etsimään uusia ratkaisuja hoivarakennuksien talotekniikkaan sekä rakenteellisiin ratkaisuihin. Rakenteelliset muutokset voivat kuitenkin aiheuttaa ongelmakohtia esimerkiksi rakennusfysikaaliseen toimintaan, jolloin parannusehdotukset eivät olekaan päteviä.

Rakennusliike Lapti Oy on osoittanut kiinnostuksensa myös lisäämällä aurinkopaneeleita tai vastaavia energiantuottojärjestelmiä hoivarakennuksiin. Rakennuksen oman energian tuottaminen täytyy olla taloudellisesti kannattava toteuttaa. Myös uusiutuvien energialähteiden käyttö olisi hyvä tutkia, jos uusiutuvia energialähteitä voisi käyttää enemmän.

1.2 Tavoitteet ja rajaukset

Diplomityön tavoitteena on löytää eri ratkaisupaketteja, millä saadaan hoivarakennusten energiatehokkuutta parannettua. Tavoitteena paketeille on löytää kolme erilaista pakettiratkaisua. Pakettiratkaisujen tulee olla toimivia sekä varmistaa rakennuksen energiatehokkaan käytön. Pakettiratkaisut tulevat jakautumaan kolmeen eri tasoon:

1. paketti, missä syntyy vähiten rakentamisen aikaisia kustannuksia
2. paketti, joka on energiatehokas
3. paketti, joka on energiatehokas, johon on lisätty aurinkoenergiajärjestelmä.

Rakenteellisista vaihtoehtoista on tavoitteena löytää parannuskeino, jolla saadaan energiantarvetta vähennettyä. Rakenteellisissa muutoksissa on vaarana rakennusfysikaaliset ongelmat. Ennen rakenteiden muutoksien tekoa täytyy varmistaa rakennusfysikaalinen toimivuus uudelle rakenteelle. Tässä diplomityössä tarkastellaan rakennusfysikaalisia toimintoja haastattelujen muodossa, joihin vastaa aiheen asiantuntijat. Haastatteluissa on tavoitteena saada kuva, että voisiko rakenne toimia rakennusfysikaalisesti.

Talotekniikan nykyisiä ratkaisuja pyritään parantamaan vastaamaan nykypäivän sekä tulevaisuuden vaatimuksia. Pyritään löytämään ilmastointi- sekä lämmitysjärjestelmistä ratkaisut, jotka edesauttavat energiatehokkuutta. Vesi- ja viemärintiä pyritään myös tarkastelemaan, jos olisi mahdollisuus parempiin järjestelmiin. Sähkölaitteille pyritään myös löytämään eri vaihtoehtoja, jotka voisivat vähentää rakennuksien energiankulutusta.

Energiatuotannosta on tavoitteena saada selville, onko taloudellisesti kannattavaa ottaa rakennuksiin esimerkiksi aurinkopaneeleja. Pyritään löytämään ratkaisuita, jotka tuottaisivat sen verran sähköenergiaa rakennukselle, että sähköenergiaa ei vietäisi takaisin sähköverkkostoon. Kaikki rakennuksen itse tuottama sähköenergia menisi järjestelmien ylläpitoon.

Rakenteellisista, taloteknisistä sekä energiatuoton ratkaisuista saadaan parannusvaihtoehdot luotua, joiden avulla luodaan pakettiratkaisut. Ennen lopullisia pakettiratkaisuita tehdessä tarkastellaan eri yhdistelmiä ja niiden kustannuksia. Taloudellista laskentaa laaditaan eri vaihtoehtoilta, minkä avulla saadaan poissuljettua ratkaisuja, jotka eivät ole taloudellisesti kannattavia. Kustannusoptimaalisuustarkastelulla voidaan tarkastella pakettiratkaisuja ja verrata niitä määräysten mukaisiin ratkaisuihin.

Energiamääräykset tulevat uudistumaan myös asuintaloihin, joita myös Rakennusliike Lapti Oy rakentaa. Diplomityö rajataan koskemaan vain hoiva-rakennuksia, jolloin jätetään muun tyyppiset rakennukset tarkastelun ulkopuolelle.

1.3 Työn suoritus ja tutkimuksen kulku

Diplomityö suoritetaan kirjallisuus-, laskennallisena- sekä haastattelututkimuksena. Kirjallisuustutkimusta tehdään energiamääräyksistä sekä taloudellisesta laskennasta. Energiamääräyksistä käydään läpi, mitä ne tarkoittavat sekä miksi niitä tehdään. Taloudellinen laskennan kirjallisuuskatsaus laaditaan, jotta tiedetään, millä perusteilla on laskettu taloudellista näkökulmaa.

Haastatteluita tehdään eri aiheista, jotka liittyvät työhön. Esimerkiksi pakettiratkaisuista ja niihin mahdollisia parannuksia sekä rakennusfysikaalinen toiminta rakenteellisille ratkaisuille.

Diplomityö aloitetaan tekemällä kirjallisuuskatsaus energiamääräyksistä sekä taloudellisista laskelmista. Energiamääräykset sekä taloudellinen laskenta toimivat pohjatietona diplomityölle, jotka ovat välttämättömiä työn etenemisen kannalta. Energiamääräysten kirjallisuuskatsauksen yhteydessä tutkitaan myös uusien energiamääräysten luonnoksia. Luonnoksista voidaan arvioida tulevia energiamääräyksiä sekä tämän pohjalta tehdä tarvittavia muutoksia rakenteisiin sekä järjestelmiin.

Jotta parannusehdotuksia päästäisiin tarkastelemaan, täytyy selvittää hoivarakennusten yleisimmät rakenteet ja talotekniset ratkaisut. Yleisimpien rakenteiden ja taloteknisten järjestelmien pohjalta voidaan miettiä parannusvaihtoehdot.

Parannusvaihtoehdoista konsultoidaan Insinööritoimisto Vesitaitoa. Insinööritoimisto Vesitaidon kanssa käydään läpi erilaisia vaihtoehtoja, mikä olisi kannattava parannus energiatehokkuuden kannalta. Insinööritoimista Vesitaito ei laske kannattavuuksia.

Vaihtoehtojen kartoituksen jälkeen tehdään laskentatutkimusta vaihtoehtojen taloudellisuudesta. Taloudellisessa selvityksessä lasketaan, onko parannusvaihtoehto taloudellisesti kannattava. Laskemiseen käytetään avuksi kirjallisuustutkimuksessa esitettyä taloudellisuuslaskuja.

Taloustarkastelut perustuvat tarkempiin talouslaskelmiin. Taloustarkastelut annetaan vain tarkastajille käytettäväksi, jotta he voivat arvioida taloustarkastelujen oikeellisuutta. Julkaistavasta työstä taloustarkastelujen liite jätetään pois.

Taloudellisen selvityksen jälkeen kootaan pakettiratkaisut, jotka ovat aikaisemmin esitetty tavoitteet ja rajaukset osiossa. Näihin pakettiratkaisuihin tuodaan optimaaliset ratkaisut, mitä jokainen paketti edustaa. Pakettiratkaisut ovat kuitenkin sellaisia ratkaisuja, jotka eivät nojaa pelkästään energiamääräyksiin.

Haastattelut suoritetaan, kun on saatu tyypilliset ratkaisut hoiva-rakennuksista. Haastattellaan asiantuntijoita eri osa-alueilta, jotka voivat sanoa mielipiteensä eri ratkaisuista. Haastatteluiden jälkeen tehdään johtopäätökset pakettiratkaisuista. Haastatteluiden sekä kirjallisuuden perusteella haetaan pakettiratkaisut.

2. ENERGIAMÄÄRÄYKSET SEKÄ ENERGIATEHOKKUUS

Suomessa energiankulutus tulee kasvamaan ja päästöt kasvavat energiankulutuksen kasvun myötä. Energiankulutus on noussut Suomessa rakennuskannan kerrosalan kasvun myötä. (Heljo J et al. 2005.) Suomessa sekä Euroopan unionissa pyritään vähentämään energiankulutusta sekä lisäämään kestävää kehitystä, jonka vuoksi luodaan energiamääräyksiä sekä määritelmiä energiatehokkuudelle. Euroopan unionin tavoitteena vuodelle 2030 on vähentää kasvihuonepäästöjä 40 prosenttia. Uusiutuvien energianlähteiden osuutta pyritään nostamaan 20 prosenttia sekä parantaa energiatehokkuutta 27-30 prosenttia. Euroopan unionin linjaus myös vaikuttaa Suomeen, kun vähennetään kasvihuonepäästöjä. (Euroopan unioni 2014.)

Energiamääräyksissä pyritään kohti nollaenergiatasoa. Kiinteistöjen energiankulutuksesta aiheutuu päästöjä, jotka näkyvät rakennetun ympäristön päästöinä. (Rakennusteollisuus RT ry 2017.) Yksittäisillä rakennuksilla on suuri merkitys, kuinka kiinteistö kuluttaa energiaa.

Suomi pyrkiikin vähentämään kasvihuonekaasujenpäästöjä kestävä kehityksen tasoon. Tavoitteena Suomella on vähentää kasvihuonepäästöjä vuoteen 2050 mennessä 80%, kun verrataan vuoden 1990 tasoa. Kasvihuonepäästöjen vähentämistavoite on asetettu vuodelle 2009. (Ympäristöministeriö et al. 2010.)

Julkiset palvelutalot käyttivät netto-ostoenergiaa vähän alle 10 TWh, kun rakennetun ympäristön päästöjä tarkasteltiin vuonna 2007. Julkisiin palvelurakennuksiin kuuluvat hoitoalan rakennukset, opetusrakennukset, kokoontumisrakennukset sekä pelastustoimen rakennukset. Suurin osa energian loppukäytöstä jakaantui kaukolämmön sekä huoneisto- ja kiinteistösähköön. (Vehviläinen I et al. 2010.)

Uudisrakennukset tulisi suunnitella energiatehokkaiksi sekä kestäviksi (Rakennusteollisuus RT ry 2017.). Energiatehokkuus kuitenkin voidaan määritellä monella eri tapaa. Diplomityössä puhuttaessa energiatehokkuudessa tarkoitetaan seuraavia asioita:

- energiahäviö olisi mahdollisimman pieni
- rakenneratkaisut ovat sellaisia, että rakennuksen energian tarve vähenee
- talotekniset järjestelmät ovat säädetty siten, että ne kuluttavat vain tarvittavan määrän energiaa
- talotekniset järjestelmät mitoitetaan kohteeseen sopiviksi
- uusiutuvien energianlähteiden suosimista, jos mahdollista
- sähkölaitteet ja valaistukset ovat vähän energiaa kuluttavia

- energiantuottojärjestelmät ovat suunniteltu siten, että kaikki järjestelmän energiantuotto käytetään kiinteistön sisällä ja tuotettua energiaa ei viedä takaisin verkkoon. (Ympäristöministeriö 2016.).

Energiamääräykset asettaa ympäristöministeriö. Edelliset energiamääräykset ovat vuodelta 2012 ja nyt uudet energiamääräykset astuvat voimaan 1.1.2018. Uudet energiamääräykset vaikuttavat uusiin rakennuslupiin, jotka myönnetään vuonna 2018 tai myöhemmin. (Ympäristöministeriö 2016.)

Energiamääräyksiä muokataan, koska Euroopan komissio on todennut kansallisten lainsäädäntöjen olevan puutteellisia. Kansalliset lainsäädännöt eivät vastaa Euroopan energiatehokkuusdirektiiviä. Myös energiatodistusta halutaan kehittää selkeämmäksi. Toisaalta voimassa olevat todistukset ovat voimassa voimassaoloaikansa mukaisesti, joten vanhoja energiatodistuksia ei tarvitse heti uusia. (Ympäristöministeriö 2015.)

Uusia energiamääräyksiä on luonnosteltu ympäristöministeriön toimesta. Uusissa määräyksissä lähestytään nollaenergiarakennuksia. Uusissa määräyksissä on pohdittu, miten voisi edistää esimerkiksi aurinkoenergian sekä maalämpöpumppujen käyttöä. Uusien määräysten tarkoituksena on myös edistää puurakentamista. (Kauppinen J 2017.)

Uusia määräyksiä on alettu arvioimaan 2015. Uusien määräysten tulisi olla valmis vuoden 2017 aikana. (Kauppinen J 2017.)

2.1 Tavoitteet sekä sisältö

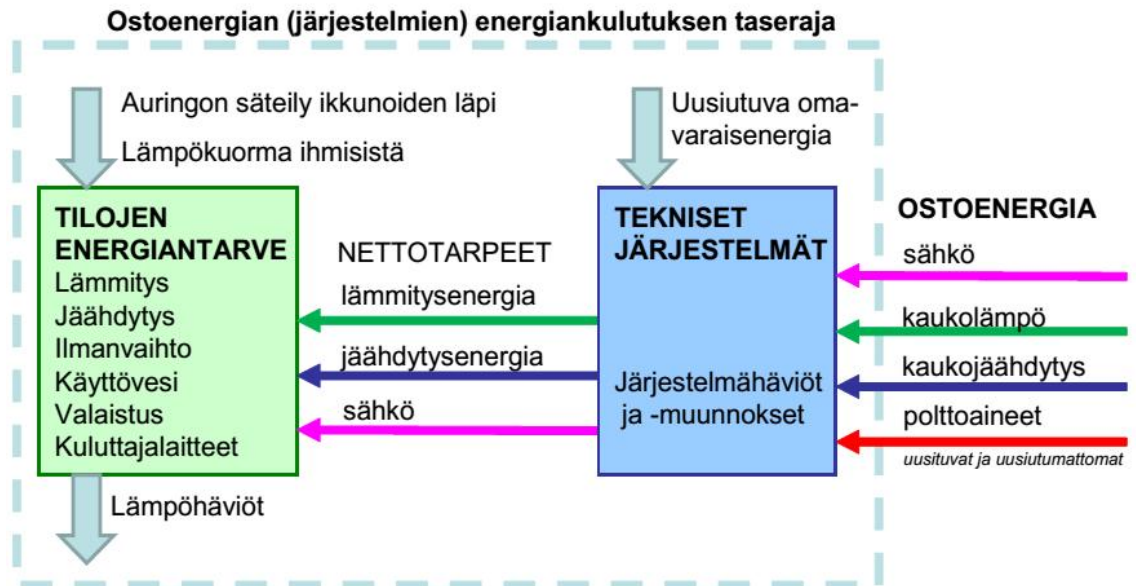
Energiamääräyksissä nykyään sekä tulevaisuudessa pitää laskea rakennuksen kokonaisenergiakulutus. Aikaisemmissa määräyksissä ei oltu asetettu vaatimuksia kokonaisenergiakulutukselle. Kokonaisenergiakulutukseen lasketaan kaikki rakennukseen käytetty energia, jotka tulevat:

- lämmityksestä
- jäähdytyksestä
- lämpimän käyttöveden lämmittämisestä
- valaistuksesta sekä
- sähkölaitteiden kulutuksesta. (Rakennusteollisuus RT ry 2017.)

Energiatehokkuus on yksi keskeinen vaatimus rakennuksille. Energiatehokkaiden ratkaisuiden avulla kiinteistön energiankulutusta saadaan laskettua. Energiamääräykset tulevat tulevaisuudessakin muuttumaan tiukemmiksi, jolloin energiatehokkuuskysymykset tulevat kriittisiksi. (Kurnitski J 2012.)

Rakennuksen energiatehokkuuteen on laskettava rakennuksen ostoenergiankulutus sekä kokonaisenergiakulutus E-luku. Rakennuksen ostoenergiankulutus tarkoittaa energiaa, joka ostetaan rakennukseen. Rakennukseen hankittava ostoenergia voi tulla esimerkiksi

sähköverkosta, kaukolämpöverkosta, kaukojäähdytyksestä ja polttoaineiden sisältämänä energiana. Ostoenergian eri energiamuodot eritellään kuvan 1 mukaisesti sekä mihin ostoenergiaa käytetään pääasiallisesti. Kuvassa 1 on myös otettu huomioon vähennykset, jota voi tulla omavaraisenergiasta. (Ympäristöministeriö 2011.)



Kuva 1. Ostoenergian taseraja (Ympäristöministeriö 2011.)

Auringosta sekä ihmisistä saadaan lämpökuormaa. Lämmitykseen tarvittava energia hiukan pienenevät tämän myötä. Kesäisin auringosta sekä ihmisistä tulevat lämpökuormat toisaalta ovat haittaavia tekijöitä, kun tiloja joudutaan jäähdyttämään. (Ympäristöministeriö 2011.)

Energiamääräyksien tavoitteena on hillitä rakennuksien energiankulutusta. Määräyksien sekä ohjeiden myötä pyritään ohjeistamaan suunnittelua, että otetaan huomioon talotekniikka, rakennuksien ulkovaipat sekä ilmanpitävyys (Rakennusteollisuus RT ry 2017.). Energiamääräyksien avulla saadaan vähimmäisvaatimukset rakennuksille, kuinka suuria energiantarpeita rakennuksilla voi olla. Energiamääräykset eivät kuitenkaan ole niin tiukoja, että rakentamisessa tulisi pyrkiä parempaan energiatehokkuuteen kuin määräyksissä vaaditaan. (Ympäristöministeriö 2016.)

E-lukua laskettaessa on tärkeää, että laskentatyökaluja on oikein käytetty. Vähimmäisvaatimuksena laskentatyökalulle on, että sillä saa laskettua lämmityksen sekä jäähdytyksen ostoenergian. Tulokset sekä käytetyt lähtötiedot pitää esitellä energiatodistuksessa. (RT RakMK-21504 2011.)

Energiamääräykset pitävät sisällään monesta eri rakennusosasta vaatimukset. Tärkeimpänä on kokonaisuuden hallinta eli kokonaisenergiankulutus. Kokonaisenergiankulutuksesta voidaan nähdä, onko rakennus määräysten mukainen, mutta yksittäisiä rakennusosia siitä ei voida pelkästään arvioida. (Ympäristöministeriö 2011.)

Rakennusosille on määritetty omat vaatimukset energiamääräyksissä. Nykyiset energiamääräykset sekä mahdollisesti tulevat pitävät sisällään vertailuarvoja seuraavista osista:

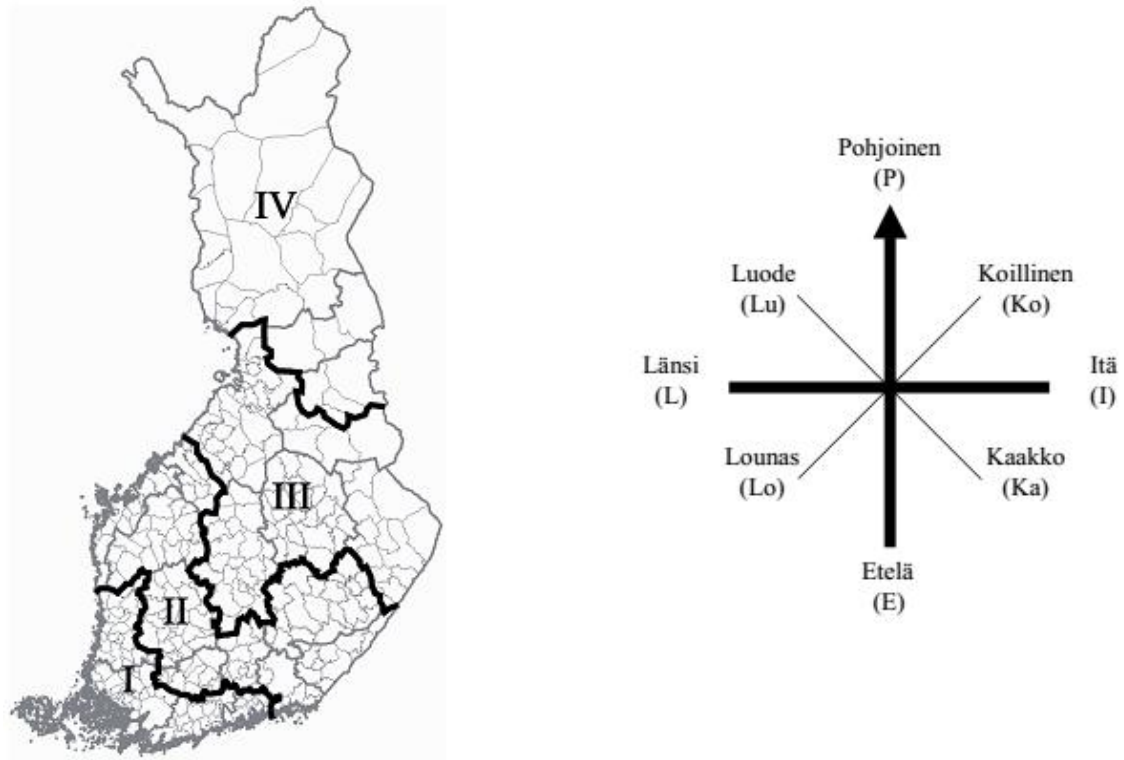
- kesäajan huonelämpötilan hallinta
- rakennuksen ilmanpitävyys
- rakennusosien lämmönläpäisykertoimet
- rakennuksen lämpöhäviöt
- ilmanvaihtojärjestelmän tehokkuus
- rakennuksen lämmitysjärjestelmän tehot
- energiankäytön mittaus
- määräaikaisten rakennukset
- loma-asunnot. (Ympäristöministeriö 2011.)

Energiaselvitys toimii lopulta todisteena, että rakennus on suunniteltu täyttämään vähintään energiamääräysten mukaiset arvot. Ilman energiaselvitystä ei voida todistaa rakennuksen määräysten mukaisuutta ennen rakentamisen aloittamista. (RT RakMK-21504 2011.)

2.2 Lähtötiedot energiamääräysten ja -todistuksien laskentaan

Energianlaskentaan käytettävät lähtötiedot ovat samat koko Suomen alueella. Teholas-kennassa käytettävät tiedot poikkeavat toisistaan maantieteellisesti. Olosuhteet vaihtelevat maantieteellisen sijainnin mukaan. Mitoittavia olosuhteita on tutkittu, jotta voidaan mitoittaa rakenteet sekä energiantarve tarpeellisiksi. (Kurnitsi J 2012.)

Lämmitysteholle sekä energiankulutukselle käytettävät säätiedot ovat tutkittu koko Suomen alueelle. Suomi jaetaan neljään eri vyöhykkeeseen I-IV. Vyöhykkeet jakaantuvat kuvan 2 mukaisesti. Tavoitekulutuksen laskennassa hyödynnetään paikallisia säätietoja. Etelä-Suomen säävyöhykettä (vyöhyke I) hyödynnetään energialaskennassa.



Kuva 2. Suomen säävyöhykkeiden jakaantuminen I-IV alueisiin (Ympäristöministeriö 2011.).

Säävyöhykkeille on määritetty mitoittava ulkoilman lämpötila °C sekä vuoden keskimääräinen lämpötila °C. Seuraavaan listaan on koottu mitoittava ulkoilman lämpötila sekä vuoden keskimääräinen lämpötila:

- säävyöhyke I: ulkoilman lämpötila -26 °C, vuoden keskimääräinen lämpötila 5,3 °C
- säävyöhyke II: ulkoilman lämpötila -29 °C, vuoden keskimääräinen lämpötila 4,6 °C
- säävyöhyke III: ulkoilman lämpötila -32 °C, vuoden keskimääräinen lämpötila 3,2 °C
- säävyöhyke IV: ulkoilman lämpötila -38 °C, vuoden keskimääräinen lämpötila -0,4 °C. (Ympäristöministeriö 2011.)

Ilmamääriä sekä huonelämpötiloja on tutkittu sisäilmalle rakennustyyppin standardikäytön mukaisesti. Rakennustyypeillä on asetettu tietyt huonetilalämpötilat sekä ilmanvaihtomäärät. Kokonaistulo- ja kokonaispoistoilmavirrat ovat yhtä suuria laskennoissa. Taulukossa 1 on esitetty käytettävät arvot eri rakennustyypeille. (Ympäristöministeriö 2011.)

Taulukko 1. Huonelämpötilan asetusarvot sekä käyttöajan ilmanvaihtomäärät (Ympäristöministeriö 2011.).

Käyttötarkoitukseluokka	Ulkoilma- virta $\text{dm}^3/(\text{s m}^2)$	Lämmitys- raja $^{\circ}\text{C}$	Jäähdytys- raja $^{\circ}\text{C}$
Erillinen pientalo sekä rivi- ja ketjutalo	0,4	21	27
Asuinkerrostalo	0,5	21	27
Toimistorakennus	2	21	25
Liikerakennus	2	18	25
Majoitusliikerakennus	2	21	25
Opetusrakennus ja päiväkot	3	21	25
Liikuntahalli	2	18	25
Sairaala	4	22	25

Jos käytetään tarpeenmukaista ilmanvaihtoa, voidaan kokonaisenergiankulutukseen käyttää suunnitteluarvoja. Tarpeenmukaisella ilmanvaihdolla tarkoitetaan, että ilmanvaihtoa ohjataan esimerkiksi lämpötilan, hiilidioksidipitoisuuden tai kosteuden mukaan. (Ympäristöministeriö 2011.) Käyttöajat tulevat taulukon 2 mukaisesti.

Taulukko 2. Rakennuksen standardikäyttö. Sisäiset lämpökuormat nettoalaa kohti. Käyttöaika esittää, kuinka paljon rakennusta käytetään päivässä sekä viikossa. Käyttöaste esittää keskimääräisen kulutuksen valaistukselle sekä laitteille, kun rakennusta käytetään (Ympäristöministeriö 2011.).

Käyttötarkoitukseluokka	Kellonaika	Käyttöaika		Käyttöaste	Valaistus	Kulut-taja-laitteet	Ihmiset
		h/24h	d/7d				
Erillinen pientalo sekä rivi- ja ketjutalo	00:00-24:00	24	7	0,6	8	3	2
Asuinkerrostalo	00:00-24:00	24	7	0,6	11	4	3
Toimistorakennus	07:00-18:00	11	5	0,65	12	12	5
Liikerakennus	08:00-21:00	13	6	1	19	1	2
Majoitusliikerakennus	00:00-24:00	24	7	0,3	14	4	4
Opetusrakennus ja päiväkot	08:00-16:00	8	5	0,5	18	8	14
Liikuntahalli	08:00-22:00	14	7	0,5	12	0	5
Sairaala	00:00-24:00	24	7	0,6	9	9	8

Taulukossa 2 valaistuksen kuorma on ohjearvo uudisrakennuksille. Pienempää tehoa voidaan käyttää valaistuksessa, jos valaistustaso säilyy määräyksien raja-arvojen sisällä. Valaistustaso on todistettava tällöin energialaskennassa. Jos rakennuksessa on tarpeenmukainen valaistuksen ohjaus, on valaistustehon laskennassa käytettävän mallin oltava tilakohtainen. Tiloille on tällöin määritelty valaistustasovaatimukset. Asuinrakennuksissa valaistuksen käyttöaste on 0,1. (Ympäristöministeriö 2011.)

Ilmanvaihtojärjestelmät käynnistetään 1 tunti ennen rakennuksen käyttöajan alkua sekä sammutetaan 1 tunti käyttöajan loppumisen jälkeen. Ympäri vuorokauden käytettävissä tiloissa ilmastointijärjestelmät ovat koko ajan päällä. Eli ilmastointijärjestelmän käyntiaika saadaan lisäämällä tunti ennen käytön alkua sekä tunti käytön lopun jälkeen. (Ympäristöministeriö 2011.)

Lämpökuorma ihmisistä lasketaan taulukon 2 lämpötehojen perusteella. Toisaalta ihmisistä tulevan lämpötehon voidaan myös laskea henkilötiheyden perusteella. Henkilötiheydellä laskettaessa käytetään henkilön kokonaislämmönluovutuksena 125W. Taulukkoon 3 on koottu eri rakennustyypeille henkilötiheydet. (Ympäristöministeriö 2011.)

Taulukko 3. Henkilötiheydet eri rakennustyypeille (Ympäristöministeriö 2011.).

Käyttötarkoitukseluokka	Henkilötiheys (hlö/m ²)
Erillinen pientalo sekä rivi- ja ketjutalo	1/43
Asuinkerrostalo	1/28
Toimistorakennus	1/17
Liikerakennus	1/43
Majoitusliikerakennus	1/21
Opetusrakennus ja päiväkot	5/13
Liikuntahalli	1/17
Sairaala	1/11

Lämmin käyttövesi voidaan laskea myös lähtötietojen perusteella. Jokaisella rakennustyypeillä on eri ominaiskulutus ja nettoenergiantarve lämmitysenergialle. Kylmä vesi on lämpötilaltaan 5 °C ja lämmin vesi on lämpötilaltaan 55 °C. (Ympäristöministeriö 2011.) Taulukkoon 4 on koottu ominaiskulutuksia sekä lämmitysenergian nettotarpeita käyttöveden ominaiskulutusta kohden.

Taulukko 4. Lämmitysenergian käyttö lämpimän käyttöveden ominaiskulutusta kohden (Ympäristöministeriö 2011.).

Käyttötarkoitukseluokka	Lämpimän käyttöveden ominaiskulutus $\text{dm}^3/(\text{m}^2 \text{ a})$	Lämmitysenergia $\text{kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$
Erillinen pientalo sekä rivi- ja ketjutalo	600	35
Asuinkerrostalo	600	35
Toimistorakennus	103	6
Liikerakennus	68	4
Majoitusliikerakennus	685	40
Opetusrakennus ja päiväkot	460	11
Liikuntahalli	343	20
Sairaala	515	30

Auringon säteilyä jokaisella vyöhykkeellä on tutkittu, kuinka paljon kokonaissäteilyenergiaa pystypinnoille tulee eri kuukausina. Pystypinnat voidaan muuttaa vaakatasolle muunnoskertoimen avulla. Parhaiten auringon kokonaissäteilyenergiaa saa vuodessa, kun pystypinta osoittaa etelän suuntaan. Huonointen vastaavasta pohjoiseen osoittava pystypinta. Kokonaissäteilyenergia vaihtelee alueittain noin

- vyöhykkeellä I-II välillä (414,6 – 850,7) kWh/m^2
- vyöhykkeellä III välillä (418,0 – 811,7) kWh/m^2
- vyöhykkeellä IV välillä (409,5 – 765,3) kWh/m^2 . (Ympäristöministeriö 2011.)

2.3 Energiatehokkuus ja E-luku

Rakentamismääräyksien energiatehokkuusarvot ovat vertailuarvoja. Uudisrakennuksia tulisikin rakentaa energiatehokkaampina kuin rakentamismääräyksissä määrätään. Rakennusten parempi energiatehokkuus on todettu taloudellisesti kannattavammaksi kuin rakentaa energiamääräysten mukaisesti. (Lylykangas K et al. 2015.)

Lähtökohta energiatehokkuudelle on, että pyritään vähentämään lämmityskuluja rakennuksessa. Passiivirakentaminen perustuu enimmäkseen rakennuksen vaipan, ilmanvaihdon sekä lämpöhäviöiden vähentämiseen. Energiatehokkuudessa pyritään passiivitalotasoiseen ulkovaippaan sekä talotekniikkaan, joka kuluttaisi mahdollisimman vähän. Oma-varaisenergian tuotantoa lisätään myös rakennuksiin, jotta saadaan energiatehokkaasti toimiva rakennus rakennettua. (Lylykangas K et al. 2015.)

Passiivitaloihin liittyy myös vahvasti ilmanpitävyys. Ilmanvuotoluku n_{50} passiivitalon määritelmän mukaan saa olla 0,6 1/h (Passiivi.info.). Vuotoilmavirtaa voidaan laskea kaavalla (1). (Ympäristöministeriö 2011.)

$$q_{v,vuotoilma} = \frac{q_{50}}{3600x} A_{vaippa} \quad (1)$$

Kaavassa q_{50} tarkoittaa rakennusvaipan ilmanvuotolukua ($\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$), x on kerroin, joka vaihtelee kerroslukujen mukaan sekä A_{vaippa} tarkoittaa rakennusvaipan pinta-alaa m^2 (Ympäristöministeriö 2011.).

Vuoden 2012 energiamääräyksissä ilmanvuotoluvun q_{50} vertailuarvona on käytetty $2,0 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$. Jos ei rakennuksen ilmanvuotolukua ei olla todistettu, vertailuarvona käytetään tällöin $4,0 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$. (Ympäristöministeriö 2011.) Kuitenkin energiatehokkuuden kannalta ilmanvuotoluku q_{50} olisi hyvä olla enintään $1,0 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ (RT RakMK-21504 2011.).

Arkkitehti voi myös vaikuttaa suunnittelun avulla rakennuksen energiatehokkuuteen. Tilojen suunnittelulla voidaan saada aikaiseksi energiatehokkuutta parantavaa vaikutusta aikaiseksi. Varjostuksen avulla voidaan tiloja saada viileämmäksi. Tilojen suunnittelu suoranaisesti ei kuitenkaan vaikuta E-lukuun. Hyvällä tilasuunnittelulla saadaan tiloja tehokkaaseen käyttöön sekä voidaan valita tekniset järjestelmät mahdollisimman tehokkaaksi. (Moisio M 2017.)

Energiatehokkuustavoite määritellään jo hankesuunnitteluvaiheessa. Hankesuunnitteluvaiheessa rakennuttaja sitouttaa pääsuunnittelijan sekä muut suunnittelijat tavoitteeseen. Paras lopputulos saadaan, kun asetetaan heti hankesuunnitteluvaiheessa energiatehokkuustavoite. Energiatehokkuustavoitteita voidaan määritellä myös suunnitteluvaiheessa, mutta tavoitteiden saavuttaminen vaikeutuu, mitä myöhemmin energiatehokkuustavoitteet asetetaan. (Lylykangas K et al. 2015.)

Suunnittelussa on myös muitakin ohjaavia tekijöitä kuin energiatehokkuus. Kun otetaan energiasuunnittelu huomioon aikaisessa vaiheessa, saadaan suunniteltua kokonaisuus energiatehokkuudeltaan sekä muilta vaatimuksiltaan parhaaksi. (Lylykangas K et al. 2015.)

Energiatehokkuuden tavoitteiden asettamiseen liittyy vahvasti asetettu kustannustaso. Kaikkia ratkaisuita ei voida toteuttaa, jos kustannustaso on asetettu matalaksi. Energiatehokkuuden parantamiskeinot yleensä maksavat itsensä vasta vuosien päästä takaisin. Vaativaenergiatehokkuus taso on myös ohjaava tekijä suunnittelijoiden työssä. Energiatehokas rakennus koostuu edellä mainituista tekijöistä. (Lylykangas K et al. 2015.)

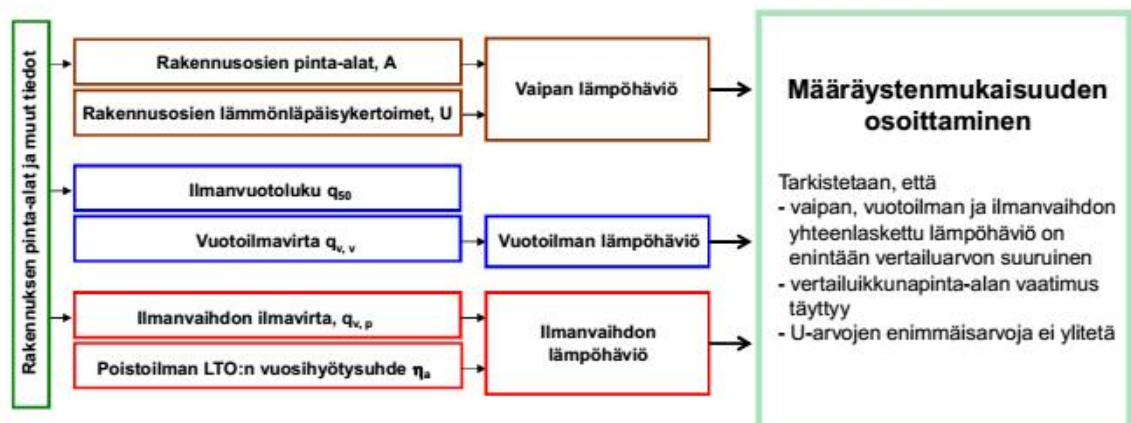
Rakennuksen E-luku huomioi rakennuksen energiankulutusta kokonaisuutena (Ympäristöministeriö 2011.). E-luku pohjautuu eurooppalaiseen standardeihin ns. EPBD-standardit. EPBD-standardeissa määritellään energiatehokkuutta sekä mittausta rakennuksen energiantarpeelle. (Rakennusteollisuus RT ry 2017.)

Rakennuksen ympäristöystävällisyys näkyy E-lukua alentavana tekijänä. Jos rakennus käyttää uusiutuvaa energiaa tai tuottaa itse esimerkiksi aurinkoenergiaa, ne ovat E-lukua alentavia tekijöitä. E-lukua ei tule kuitenkaan sekoittaa rakennuksen tavoite-energianku-

lutukseen. E-lukua käytetään määräyksissä ja viitteenä, kuinka tulisi toteuttaa rakennuksen tekniikka sekä rakenteet vähimmäisvaatimuksiltaan, jotta energiakysymykset ja määräykset toteutuvat suunniteluilla ratkaisuiltaan. Tulisikin aina pyrkiä parempaan energiatehokkuuteen kuin määräyksissä säädetään. (Lylykangas K et al. 2015.)

Tavoite-energiakulutuksessa koitetaan hahmottaa rakennuksen todellista energiankulutusta. Tavoite-energiakulutukseen suunnittelut ratkaisut sekä toteutuvat ratkaisut tulevat olla lähestulkoon samoja, jotta voidaan ratkaisuiden investointeja sekä energiansäästöjä tarkastella mahdollisimman aikaisin hankkeessa. (Lylykangas et al. 2015.)

Tasauslaskimen avulla lasketaan lämpöhäviöitä rakennuksessa. Tasauslaskimen ideana on, että sen avulla saadaan osoitettua lämpöhäviöiden määräystenmukaisuus rakennuksessa. Tasauslaskennat raja-arvojen alapuolelle rakennuksen ominaislämpöhäviöt eivät saa mennä. Tasauslaskimeen otetaan huomioon kaikki kuvan 3 mukaiset asiat. (Ympäristöministeriö 2011.)



Kuva 3. Tasauslaskennan vaiheet sekä määräystenmukaisuuden osoittaminen (Ympäristöministeriö 2011.).

Tasauslaskimen avulla voidaan tarkastella koko rakennuksen lämpöhäviöitä. Tasauslaskimen avulla voidaan nähdä, jos jossain rakennusosassa tapahtuu enemmän lämpöhäviötä kuin energiamääräyksissä on rajattu. Esimerkiksi ikkunapinta-alaa olisikin enemmän kuin vertailuarvossa on, voidaan tasauslaskimen avulla osoittaa määräystenmukaisuus. Vertailuarvoja paremmilla ratkaisuilla voidaan tasata vertailuarvojen ylittyminen. (Ympäristöministeriö 2011.)

Ympäristöministeriöllä on valmis pohja tasauslaskimelle. Tasauslaskentapohja sekä esimerkkilaskelma on esitetty kuvassa 4.

Rakennuskohde	Pientalo
Rakennuslupatunnus	Esimerkki
Rakennustyyppi	Lue ohjeet
Pääsuunnittelija	Jukka Talonen
Tasauslaskelman tekijä	Teemu Tasa
Päiväys	1.7.2012
Tulos: Suunnitteluratkaisu	TÄYTTÄÄ VAATIMUKSET

Rakennuksen laajuustiedot

Rakennustilavuus	522 rak-m ³
Maanpäälliset kerrostasosalat yhteensä	163 m ²
Lämmitetty nettoala, lämpimät tilat	147 m ²
Lämmitetty nettoala, puoliämpimät tilat	m ²
Rakennusluokka (1 - 9)	1
Rakennuksen kerrosmäärä	1 kerrosta

Laskentatuloksia

Julkisivupinta-ala on 143 m²
 Ikkunapinta-ala on 15 % maanpäällisestä kerrostasosalasta
 Ikkunapinta-ala on 17 % julkisivun pinta-alasta
 Lämpöhäviö on 100 % vertailutasosta (lämpimät tilat)

Perustiedot						Lämpöhäviöiden tasaus	
RAKENNUSOSAT	Pinta-alat, m ² [A]		U-arvot, W/(m ² K) [U]			Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{oint} = A · U]	
	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Enimmäis- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
Lämpimät tilat							
Ulkoseinä	113	113	0,17	0,60	0,17	19,2	19,2
Hirsiseinä			0,40	0,60		-	-
Yläpohja	147	147	0,09	0,60	0,09	13,2	13,2
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)			0,09	0,60		-	-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾			0,17	0,60		-	-
Alapohja (maanvastainen) ²⁾		147	0,16	0,60	0,16	23,5	23,5
Muu maanvastainen rakennusosa ²⁾			0,16	0,60		-	-
Ikkunat	21,5	21,5	1,00	1,80	1,00	21,5	21,5
Ulkio-ovet ja tuuletusluukut ³⁾		8,2	1,00	1,80	1,00	8,2	8,2
Kattoikkunat			1,00	1,80	1,00	-	-
Kattovalokuvut	3,0	3,0	1,00	2,00	1,00	3,0	3,0
Lämpimät tilat yhteensä	440	440				88,7	88,7
Puoliämpimät tilat tai määräaikaisten rakennukset							
Ulkoseinä			0,26	0,60		-	-
Hirsiseinä			0,60	0,60		-	-
Yläpohja			0,14	0,60		-	-
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)			0,14	0,60		-	-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾			0,26	0,60		-	-
Alapohja (maanvastainen) ²⁾			0,24	0,60		-	-
Muu maanvastainen rakennusosa ²⁾			0,24	0,60		-	-
Ikkunat			1,40	2,80		-	-
Ulkio-ovet ja tuuletusluukut ³⁾			1,40	2,80		-	-
Kattoikkunat			1,40	2,80		-	-
Kattovalokuvut			1,40	2,80		-	-
Puoliämpimät tilat yhteensä	-	-				-	-
VAIPAN ILMAVUODOT							
	Ilmanvuotoluku, m ³ /(h m ²) [q ₅₀]		Vuotoilmavirta, m ³ /s [q _v , v = q ₅₀ / 35 · A/3600]			Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{vuotoilma} = 1200 · q _v , v]	
	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo		Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
Vuotoilma							
Lämpimät tilat	2,0	2,0	0,0070	0,0070		8,4	8,4
Puoliämpimät tilat	2,0					-	-
ILMANVAIHTO							
	Poistoilmavirta, m ³ /s [q _v , p]		Ilmanvaihdon LTO:n vuosihiyötysuhde, % [h _a]			Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{lv} = 1200 · q _v , p · (1-h _a)]	
	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo		Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
Hallittu ilmanvaihto							
Lämpimät tilat		0,059	45	45		38,8	38,8
Lämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta			0			-	-
Puoliämpimät tilat			45			-	-
Puoliämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta			0			-	-
Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus							
						Ominaislämpöhäviö, W/K [H = H _{oint} + H _{vuotoilma} + H _{lv}]	
						Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä						136	136
Puoliämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä						-	-

Kuva 4. Esimerkki tasauslaskelmasta (Ympäristöministeriö 2011.).

Rakennuksen E-lukua ajatellessa laskutavat ei juurikaan tämän hetkisten tietojen mukaan tule muuttumaan. E-lukuun voidaan ottaa huomioon uusia osia kuten uusiutuvan energian vähimmäisosuus. (Kauppinen J 2017.) Vuoden 2012 määräyksien mukaisesti laskettu E-luku on kuvien 5 ja 6 mukainen.

Rakennuskohde				
Osoite				
Rakennuksen käyttötarkoitus				
Rakennusvuosi				
Lämmitetty nettoala		m ²		
Ilmanvuotoluku q ₅₀		m ³ /(h m ²)		
Rakennusvaipan umpiosat	A m ²	U W/(m ² K)	U A W/K	%
Ulkoseinät				
Yläpohja				
Alapohja				
Ikkunat				
Ulko-ovet				
Kylmäsiilat				
Ikkunat ilmansuunnittain	A m ²	U W/(m ² K)	g-arvo -	
Pohjoinen				
Koillinen				
Itä				
Kaakko				
Etelä				
Lounas				
Länsi				
Luode				
Ilmanvaihtojärjestelmä	Ilmavirta tulo/poisto (m ³ /s) / (m ³ /s)	Järjestelmän SFP-luku kW/(m ³ /s)	LTO:n lämpötila- suhde -	Jäätymisen esto °C
Pääilmanvaihtokoneet				
Erillispoistot				
Ilmanvaihtojärjestelmä				
Lämmitysjärjestelmä	Tuoton hyötysuhde -	Lämmitysjärj. hyötysuhde -	Lämpökerroin ¹ -	Apulaitteiden sähkönkäyttö ² W
Tilojen ja iv:n lämmitys LKV:n valmistus				
¹ vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle				
² lämpöpumppujärjestelmissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen				
Jäähdytysjärjestelmä	Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin, -			
LKV:n käyttö	m ³ /(m ² a)	yhteensä m ³ /a		
Sisäiset lämpökuormat	Henkilöt W/m ²	Kuluttajalaitteet W/m ²	Valaistus W/m ²	Käyttöaste -
Päiväys	Allekirjoitus	Nimen selvennys		

Kuva 5. Lähtötietojen esittäminen E-luvun laskentaan vuoden 2012 määräyksiin (Ympäristöministeriö 2011.).

Rakennuskohde			
Osoite			
Rakennuksen käyttötarkoitus			
Rakennusvuosi			
Lämmitetty nettoala	m ²		
E-luku	kWh/(m ² a) (kWh lämmitettyä nettoalaa kohti)		
E-luvun erittely	Ostoenergia	Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus
	kWh/a	-	kWh/a kWh/(m ² a)
Sähkö		1,7	
Kaukolämpö		0,7	
Kaukojäähdytys		0,4	
Uusiutuva polttoaine		0,5	
Fossiilinen polttoaine		1	
...			
Yhteensä		-	
Uusiutuva omavaraisenergia	kWh/a	kWh/(m ² a)	
Aurinkosähkö			
Aurinkolämpö			
Tuulisähkö			
Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia			
Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus	Sähkö kWh/(m ² a)	Lämpö kWh/(m ² a)	Kaukojäähdytys kWh/(m ² a)
Lämmitysjärjestelmä	-		
Tilojen lämmitys ¹			
Tuloilman lämmitys			
Lämpimän käyttöveden valmistus			
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus		-	
Jäähdytysjärjestelmä			
Kuluttajalaitteet ja valaistus		-	
Yhteensä			
¹ Ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen			
Energian nettotarve	kWh/a	kWh/(m ² a)	
Tilojen lämmitys ²			
Ilmanvaihdon lämmitys ³			
Lämpimän käyttöveden valmistus			
Jäähdytys			
² sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa			
³ laskettu lämmöntalteenoton kanssa			
Lämpökuormat	kWh/a	kWh/(m ² a)	
Aurinko			
Ihmiset			
Kuluttajalaitteet			
Valaistus			
Laskentatyökalun nimi ja versionumero			
Päiväys	Allekirjoitus	Nimen selvennys	

Kuva 6. E-luvun laskentaosuuden tulosten esittämissuositus vuoden 2012 määräyksissä (Ympäristöministeriö 2011.).

Kuvasta 5 ja 6 täytetään keltaisella korostetut osat. Kertoimet ovat ainoat valmiiksi olemassa, jotka ovat jo annettu valmiiksi tulosten esittämiseen. (Ympäristöministeriö 2011.)

Kuvassa 5 on esitetty lähtötietoja E-luvun laskentaan. Kuvassa 6 on esitetty laskentaosuus, mitä kaikkea tarvitsee laskea E-luvun saamiseksi. Laskennassa hyödynnetään annettuja lähtötietoja, joista saadaan laskettua erilaisten kaavojen avulla, jotka ovat annettu energiamääräyksissä. Energiamääräyksissä mainitaan myös, että vastaavanlaisia laskentatyökaluja voi käyttää, jos sillä saadaan laskettua tarvittavat kohdat. (Ympäristöministeriö 2011.)

2.4 Uusien energiamääräysten luonnokset

Uusista energiamääräyksistä on julkaistu luonnos 7.10.2016 (Ympäristöministeriö 2017.). Marraskuun luonnoksen mukaan arvioidaan uusia määräyksiä, miten mahdollisesti energiamääräykset tulevat muuttumaan.

Lähtötiedot ovat jo annettu uusien määräyksien luonnoksissa. Uusien energiamääräyksien lähtötietoja tarkasteltaessa ei huomata juurikaan eroja nykyisten energiamääräysten lähtötietoihin. Säävyöhykkeet, poistoilmavirrat, rakennuksen vakioitu käyttö ja lämmin käyttövesi ovat pysyneet lähtötiedoiltaan samoina. (Ympäristöministeriö 2016.)

Energiatohokkuuden vaatimukset muuttuvat uusissa määräyksissä. E-luvulle asetetaan uudet raja-arvot, joita rakennukset eivät saa ylittää. Jokaiselle rakennustyyppille on annettu oma E-luku raja-arvo. Palvelutaloille E-luku on luonnoksien mukaan $160 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2\text{a})$. Päiväkodeille raja-arvo on luonnoksien mukaan $100 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2\text{a})$. (Ympäristöministeriö 2016.)

Uusien määräyksien luonnosten mukaan massiivipuusta rakentaessa saadaan hieman ylittää E-luku vaatimukset käyttötarkoituksesta riippuen. Jos palvelukoti tai päiväkoti rakennetaan massiivipuurakennuksena, voi E-luku ylittää 10% raja-arvosta. (Ympäristöministeriö 2016.) Aikaisemmin viitattu puurakentamisen edistäminen näkyy uusissa määräyksissä helpotuksena E-luvun raja-arvoihin (Kauppinen J 2017.).

E-luku raja-arvot nykyisissä määräyksissä palvelutaloille on $240 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2\text{a})$ sekä päiväkodeille $170 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2\text{a})$ (Ympäristöministeriö 2011.). Vuoden 2012 energiamääräyksien E-lukujen raja-arvot eivät kuitenkaan ole suoraan verrattavissa uusien energiamääräyksien raja-arvoihin. Raja-arvoja vertaillessa täytyy ottaa huomioon, että energiamuotokertoimet muuttuvat myös. Uusissa luonnoksissa raja-arvot ovat palvelutaloille $160 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2\text{a})$ sekä päiväkodeille $100 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2\text{a})$. Näihin arvoihin tulee 10% lisää, jos rakennus rakennetaan massiivipuusta, jolloin raja-arvoiksi saadaan palvelutaloille $176 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2\text{a})$ sekä päiväkodeille $110 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2\text{a})$. (Ympäristöministeriö 2016.)

Uusien määräysten luonnoksissa on annettu E-luvun laskemiselle kaava. Siinä laskenta-kaavassa on otettu huomioon, kuinka rakennus tarvitsee ostoenergiaa rakennuksen ylläpitämiseen. Jokaiselle energiamuodolle on oma kerroin, joka nostaa tai laskee E-lukua. (Ympäristöministeriö 2016.)

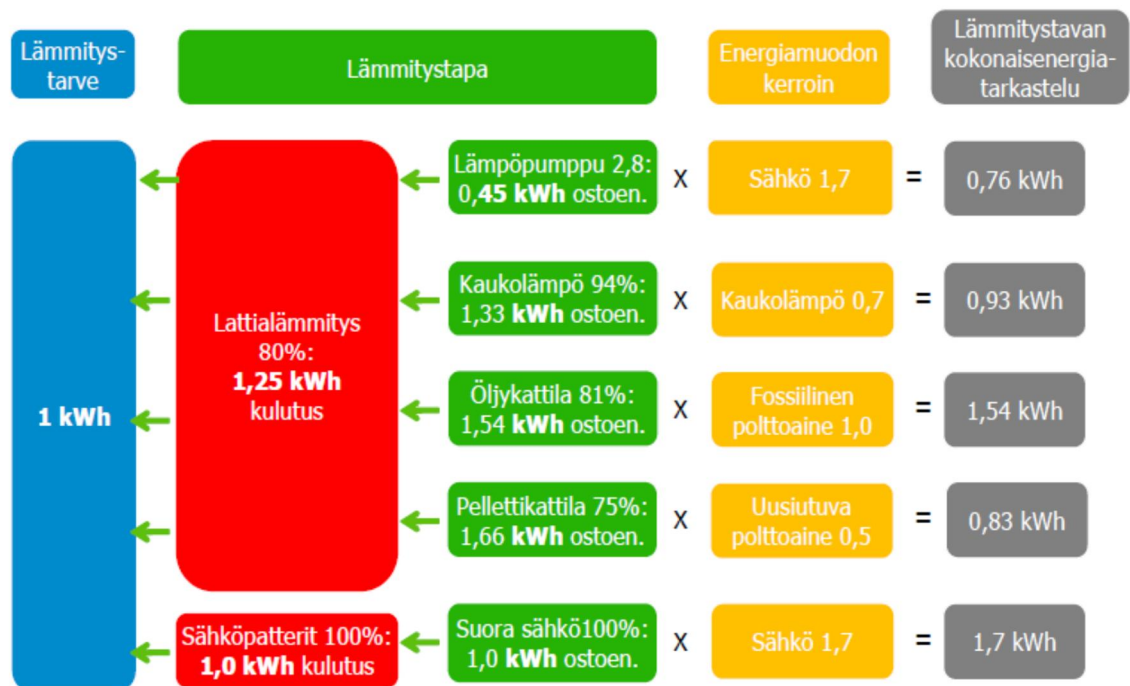
Energiamuotokertoimet tulevat muuttumaan nykyisistä määräyksistä. Uusia kertoimia on jo luonnosteltu uusiin energiamääräyksiin. Energiamuotokertoimien muutokset ovat koottu taulukkoon 5. (Ympäristöministeriö 2016.)

Taulukko 5. Nykyiset sekä uudet energiamuotojen kertoimet (Ympäristöministeriö 2016.).

Energiamuoto	Vanhat kertoimet	Uudet kertoimet
Sähkö	1,70	1,20
Kaukolämpö	0,70	0,50
Kaukojäähdytys	0,40	0,28
Fossiiliset polttoaineet	1,00	1,00
Rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet	0,50	0,50

Energiamääräyksissä haetaan uusiutuvan energiantuotannon hyödyntämistä kasvavassa määrin. Energiamuotojen kertoimien tippuminen voidaan perustella, että sähkön ja lämmön yhteistuotanto on tehokas. Toisaalta myös hiilen käyttäminen energian tuotannossa on laskenut sekä kaukojäähdytys on yleistymässä. Myös kaukolämpö on nykyään ympäristöystävällisempää kuin ennen. (Ympäristöministeriö 2016.)

Kuvassa 7 on esitetty esimerkki E-luvun laskentaan. Kuvassa 7 näkyy lämmitystapojen valinnan merkitys ja kuinka voimassa olevat kertoimet toimivat laskennassa. (Ympäristöministeriö 2016.)



Kuva 7. E-luvun laskentaesimerkki 1 kWh lämmitystarpeen lämmitystavoista (Ympäristöministeriö 2016.).

Kuvasta voidaan huomata, että sähkön kertoimen alentaminen parantaa myös lämpöpumppujen E-lukua. Sähkön kertoimen alentaminen tekee lämpöpumpuista E-luvun kannalta parhaan vaihtoehdon myös tulevaisuudessa määräyksissä.

Uudet energiamääräysten luonnokset antavat vaatimukset laskentatyökaluille, kuten vanhoissa energiamääräyksissä. Uusien energiamääräysten luonnoksissa on tarkemmin selostettu, mitkä vaatimukset ovat ostoenergialle. Luonnoksissa on annettu vähimmäismäärä, mitä pitää laskea. (Ympäristöministeriö 2016.)

Jos rakennukseen suunnitellaan LED-valaistusta, voidaan se huomioida 20 prosentin pienennyksellä valaistustehon arvossa. Tällöin voidaan LED-valaistuksen pinta-alaa suhteuttaa koko rakennuksen pinta-alaan, jolloin LED-valaistus saadaan E-lukuun hyötynä. E-luvun laskennassa kuitenkin täytyy osoittaa LED-valaistuksen pinta-ala erillisinä laskelmina. (Ympäristöministeriö 2016.)

Lämpimän käyttöveden lämmityksessä voidaan myös uusien energiamääräyksiä luonnoksien mukaan parantaa E-lukua. E-luvun laskentaan saadaan lämpimän käyttöveden nettotarvetta vähennettyä 15 prosenttia, jos käyttövesiverkostoon asennetaan vakiopaineventtiili. (Ympäristöministeriö 2016.)

Rakennuksen vertailulämpöhäviöt eivät ole muuttunut luonnoksissa nykyisiin verrattuna juurikaan. Nykyisissä määräyksissä puhutaan hirsiseinistä ja niiden lämpöhäviön vertailuarvosta $0,40 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (Ympäristöministeriö 2011.). Uusien määräyksissä puhutaan massiivipuuseinistä, joilla on sama lämpöhäviön vertailuarvo. Uusissa luonnoksissa pyritään korostamaan tässäkin puurakentamista, ettei selosteta pelkästään hirsirakentamisesta. (Ympäristöministeriö 2016.)

Ilmanvaihdosta lämmöntalteenoton vuosihyötysuhdetta poistoilman hyödyntä nostetaan uusien energiamääräysten luonnoksissa. Nykyisissä määräyksissä vuosihyötysuhteen vertailuarvo on 45 prosenttia (Ympäristöministeriö 2011.) sekä uusissa luonnoksissa hyötysuhteen vertailuarvo nousee 55 prosenttiin. Poistoilman liika likaisuus poistaa lämmöntalteenoton hyödyn. Likaista poistoilmaa ei voida hyödyntää, jolloin se tekee lämmöntalteenoton hyötysuhteesta nollan. Tilan liian alhainen lämpötila poistaa kokonaan lämmöntalteenoton hyötysuhteen. Myös koneelliselle ilmanvaihdolle on määritettävä lämmöntalteenottolaitteen tuloilman lämpösuhdetta, suunniteltuja ilmanvirtoja sekä säätietoja käyttäen. Koneellisen tulo- ja poistoilmajärjestelmän SFP-luku saa olla enintään $1,8 \text{ kW/(m}^3\text{/s)}$. (Ympäristöministeriö 2016.)

Uudet määräykset tuovat pykälän rakennuksen energiakäytön mittauksesta. Uusien energiamääräysten luonnoksissa määritetään, että rakennuksessa on oltava energiakäytön mittausjärjestelmä tai valmius mittaukseen. Mittauksen tulee olla helposti toteutettavissa. (Ympäristöministeriö 2016.)

Energiatehokkuus E-luku voidaan uusien energiamääräyksiä luonnoksen mukaan myös todistaa rakenteellisella energiatehokkuudella. Rakenteellisen energiatehokkuuden todistaminen toimii vain käyttöluokissa pientalo, rivi- sekä ketjutalot ja asuinkerrostaloissa. (Ympäristöministeriö 2016.)

Energiaselvityksen sisältö on määritetty uusissa energiamääräysten luonnoksissa. Energiaselvityksen tulee pitää sisällään

1. e-luku tai rakenteellinen energiatehokkuus
2. keskeiset lähtötiedot sekä tulokset E-luvun laskentaan
3. osoittaa ominaislämpöhäviöiden määräystenmukaisuus rakennuksessa tasauslaskennan avulla
4. laskennallinen kesäaikainen huonelämpötila
5. energiatodistus. (Ympäristöministeriö 2016.)

3. TALOUDELLINEN TARKASTELU

Rakennuksen ratkaisujen taloudellisuutta tarkastellaan elinkaarikustannuksiltaan. Elinkaarikustannuksiin sisältyy rakennukseen kohdistuva alkuperäinen investointi sekä ylläpito- ja käyttökustannukset. (Pulakka et al. 2007.)

LCC (Life Cycle Costing) tarkoittaa kaikkia elinkaaresta syntyviä kustannuksia. Elinkaaresta syntyviä kustannuksia ovat suunnittelukustannukset, investointikustannus alussa, huolto- ja uusimiskulut, kulutukset sekä jäännösarvo, kun tarkasteluajanjakso loppuu. LCC tarkoittaa siis elinkaarikustannuksia, johon sisältyvät kaikki tarkasteltavaan kohteeseen liittyvät kustannuserät. (Ramentor 2017.)

Taloudellista tarkastelua voidaan tehdä monella eri tapaa. Kun tarkastelussa otetaan vain huomioon rahassa saatavat tuotot sekä kustannukset, voidaan käyttää eri vertailukeinoja päätöksen tekoon. Päätöksenteon tueksi voidaan ottaa esimerkiksi:

- investoinnin nettonykyarvo
- investoinnin sisäinen korko
- kustannusoptimaalisuuslaskenta (Aalto 1983.)

Investoinnin nettonykyarvo menetelmässä diskontataan tuloja sekä kustannuksia. Nettonykyarvon laskemiseksi täytyy osata määritellä kaikki kustannukset sekä tuotot, mitä investoinnista syntyy. Nettonykyarvon menetelmän laskentakorkokanta tulee myös osata määritellä, jotta saadaan luotettavia laskelmia. Määritetyn laskentakorkokannan avulla voidaan tarkastella investoinnin kannattavuutta. Jos laskentakorkokannan avulla lasketut säästöt ovat suurempia, kun aiheutuvat kustannukset, investointia voidaan pitää tällöin kannattavana. Vaihtoehtoisena kannattavuustarkasteluna voidaan tarkastella tuottojen sekä kustannuksien erotusta. Tuottojen sekä kustannuksien erotuksia tarkastellessa suurin kannattavuus löytyy tällöin, kun tuottojen sekä kustannuksien erotus on suurimmillaan. Energiansäästöinvestoinneissa käytetään vertailukriteerinä hankinta- ja käyttökustannusten nykyarvoa. Energiansäästöinvestoinnissa tarkastellaan ratkaisua, jolla olisi mahdollisimman pienet kokonaiskustannukset. Jos tuotot syntyvät energiansäästöstä, joka on suuruudeltaan sama joka vuosi, vaihtelee vuosittainen säästö silti. Energian hinta vaihtelee vuosittain, joten se täytyy ottaa laskelmissa huomioon. (Aalto 1983.)

Investoinnista tulee myös ottaa huomioon investoinnin jäännösarvo. Jäännösarvo tarkoittaa investoinnin arvoa tarkasteluajan lopussa. Jäännösarvon merkitys yleensä ei ole kovin suuri, jos tarkastelujakso on lyhyt, jäännösarvon merkitys kasvaa. Jäännösarvo pitää kuitenkin ottaa huomioon aina. (Aalto 1983.)

Nettonykyarvo mittaa absoluuttista kannattavuutta investoinnille. Nettonykyarvo menetelmä soveltuu päätöksenteon tueksi, kun investoinnit ovat suhteellisen samankaltaisia

alkuhetken suuruudeltaan. Nettonykyarvomenetelmä soveltuu esimerkiksi, kun tarkastellaan yläpohjan rakennetta tai IV-järjestelmää. (Aalto 1983.)

Investoinnin sisäinen korko menetelmässä lasketaan, millä korkokannalla saataisiin nykyarvo, että tuottojen sekä kustannuksien nykyarvo on yhteensä nolla. Sisäisen koron menetelmä kuvaa, kuinka investointiin sijoitettu pääoma kasvaa suhteellisesti vuotta kohti. Sisäinen korko lasketaan samalla kaavalla kuin nettonykyarvo, mutta nettonykyarvo asetetaan nollassi. Korkotuottovaatimus määrittää, onko investointi kannattava. Sisäisen koron tulee ylittää korkotuottovaatimuksen, jotta investointia voidaan pitää kannattavana. Sisäisen koron menetelmässä ei tarvitse tietää laskentakorkoa, joka poikkeaa nettonykyarvo menetelmästä. Sisäinen korko saadaan siis suoraan tuloista sekä kustannuksista. (Aalto 1983.)

Kustannukset sekä tuotot tulee olla säännöllisiä, jotta sisäinen korko voidaan laskea helposti diskonttaustekijöiden käyrien sekä taulukoiden avulla. Sisäinen korko käytännössä kuitenkin lasketaan laskentaohjelman esimerkiksi Excelin avulla, joka iteroi koron. Jos kustannukset sekä tuotot ovat epäsäännöllisiä vuosittain, muuttuu laskemistapakin tässä tapauksessa. Epäsäännöllisten tulojen ja kustannuksien tapauksissa sisäinen korko pitää ratkaista iteroimalla. Energiataloudellisissa laskelmissa pitää huomioida, jos vuotuiset kustannukset ovat tuottoja suuremmat, sisäinen korko tällöin jää negatiiviseksi. Negatiivinen sisäinen korko ei sovellu kriteeriksi, jos haetaan taloudellista ratkaisua. Negatiiviset sisäiset korot eivät anna keskinäisiä järjestyksiä oikein. (Aalto 1983.)

Sisäisen koron menetelmä soveltuu hyvin, kun kyseessä on laajempi investointi. Sisäiseen korkoon ei vaikuta, jos siihen tehdään investointeja enemmänkin, niin se säilyttää korkoprosentin. Toisaalta tällöin investointi pitää olla toistettavissa helposti. (Aalto 1983.)

Kustannusoptimaalisuuslaskennan perusteet perustuvat nettonykyarvo menetelmään. Kustannusoptimaalisuuslaskenta oli ennen tarkoitettu lähinnä viranomaisille, eikä investoijille työkalujen puutteen vuoksi. Tulevaisuudessa kustannusoptimaalisuuslaskenta voi tulla yleisemmäksi, kun nykyään työkaluja laskentaan on tarjolla esimerkiksi Mobo sekä IDA-ICE -laskenta. Kustannusoptimaalisuudesta pyritään saamaan tasoja yleisesti, mihin tulisi pyrkiä. (Euroopan Komissio 2012.)

Kustannusoptimaalisuuteen kuuluu laskea kaikki alkuperäiset investoinnit tuottoineen sekä kuluineen kuten nettonykyarvo menetelmässä. Kustannusoptimaalisuuteen voi vaihtoehtoisesti ottaa mukaan myös makrotaloudellisia huomioita. Makrotaloudellisen kustannusoptimaalisuuden taso vaatii, että on käsitys, kuinka hiilidioksidi päästöjä syntyy kiinteistössä. Jokaiselle hiilidioksidiäkvivalenttitonnin kohti on asetettu hinta, joka pitää kustannusoptimaalisuuden tarkasteluissa ottaa huomioon. (Euroopan Komissio 2012.)

Kustannusoptimaalisuuden vaihtoehtoinen laskentatapa soveltuu, kun kyseessä on päästöihin perustuva laskenta. Primäärienergiaa voidaan pitää energiatehokkuuden mittarina

näissä tapauksissa, kun voidaan vaikuttaa, mistä se otetaan sekä kuinka se tuotetaan. (Euroopan Komissio 2012.)

Elinkaarikustannuslaskentaa käytetään, kun halutaan päättää toteutusmuoto. Jotta voidaan valita paras elinkaarikustannuksiltaan oleva toteutusmuoto, tarvitsee tutkia vaihtoehtoisia suunnitteluratkaisuita. Urakkatarjouksia voidaan myös vertailla elinkaarikustannuslaskennan avulla. (Pulakka et al. 2007.)

Elinkaarikustannuksia voidaan tarkastella EU:n energiatehokkuusdirektiivin mukaisesti kokonaiskustannuksille. EU:n energiatehokkuusdirektiivin mukainen tarkastelu ottaa siis huomioon rakennuksen koko elinkaaren aikaiset kustannukset. Tarkastelujaksolle täytyy asettaa ajanjakso, jotta saadaan nettonykyarvot ratkaisuille. (Reinikainen E 2015.)

Laskentaohjelmalla voidaan kaavan (2) avulla laskea elinkaaresta syntyvät kustannukset. Laskennassa pitää huomioida kaikki elinkaaresta syntyvät kustannukset, jotta saadaan luotettavasti laskettua nykyarvon. (Reinikainen E 2015.)

$$C_g(\tau) = C_1 + \sum_j [\sum_{i=1}^{\tau} (C_{a,i}(j) \times R_d(i) + E_{a,i} \times R_e(i))] + S \quad (2)$$

- τ on laskentajakso
- C_1 on ratkaisuin tai toimenpidepaketin j alkuperäiset investointikustannukset
- $C_{a,i}(j)$ on ratkaisun tai toimenpidepaketin j vuotuiset kustannukset vuonna i
- $R_d(i)$ on diskonttokorkoon r perustuva vuoden i diskonttaustekijä, joka lasketaan kaavan (3) avulla
- $E_{a,i}(j)$ on ratkaisun tai toimenpidepaketin j vuotuiset energiakustannukset vuonna i
- $R_e(i)$ on diskonttokorkoon s perustuva vuoden i diskonttaustekijä, joka lasketaan kaavan (4) mukaisesti
- S on investoinnin jäännösarvo (Reinikainen E 2015.).

$$R_d(p) = \left(\frac{1}{1+\frac{r}{100}}\right)^p \quad (3)$$

p on vuosien lukumäärä sekä r reaalin laskentakorko (Reinikainen E 2015.).

$$R_e(p) = \left(1 + \frac{s}{100}\right)^p \quad (4)$$

p on vuosien lukumäärä sekä s energian hinnan nousu (Reinikainen E 2015.).

Perusratkaisu on vertailuarvo, mihin parannusvaihtoehtoja vertaillaan. Jos kyseessä on uusi rakennus, niin perusratkaisuna on energiamääräysten mukaiset arvot rakenneosille. Perusratkaisu voi olla jo suunniteltu ratkaisu. Suunnitellut ratkaisut on tehty, kun tehdään korjausrakentamista tai halutaan verrata uusia ratkaisuita, kuinka ne toimisivat paremmin vanhoihin ratkaisuihin nähden.

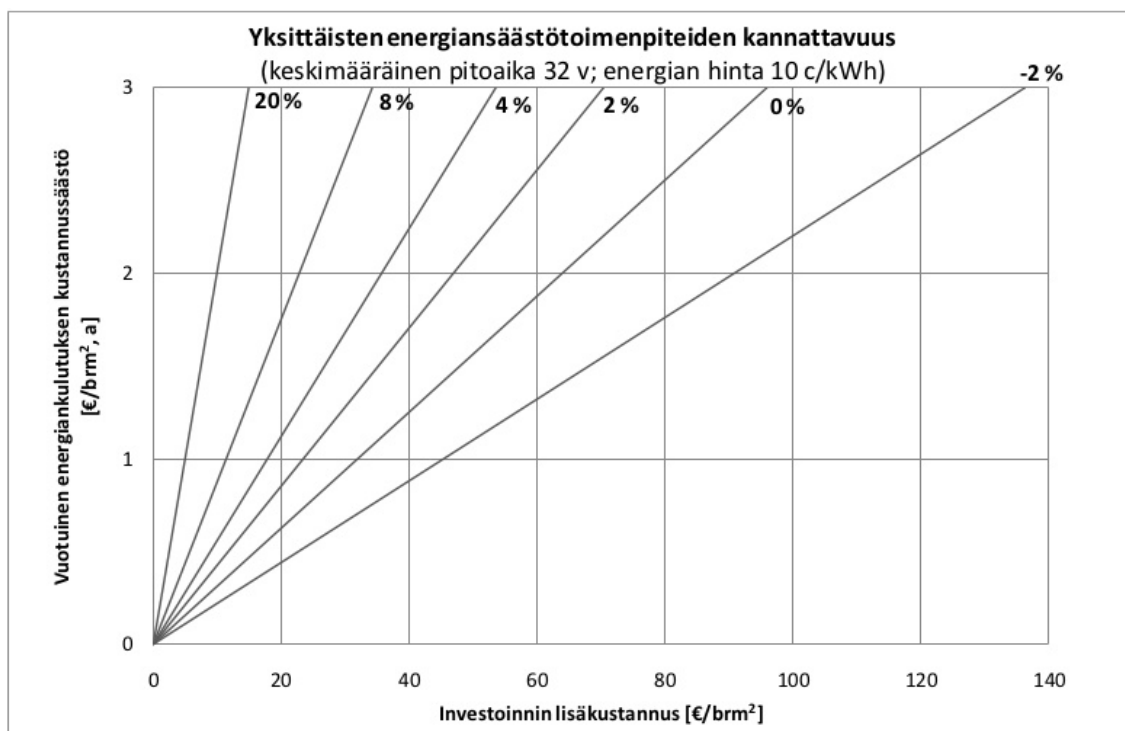
Investointikustannukset määritetään rakennuksen neliötä kohden ($\text{€}/\text{m}^2$). Investointikustannuksiin lasketaan kokonaiskustannukset investoinnille ja se jaetaan rakennuksen bruttoneliömäärällä. Rakennuksen bruttoneliöihin suhteuduttua investointikustannusta voidaan vertailla paremmin, jos halutaan tarkastella kahden eri rakennuksen investoinnin kustannuksia, jotka ovat tyypeiltään samoja. (Reinikainen E 2015.)

Energiakustannukset suhteutetaan ajanjaksolle, jota halutaan tarkastella. Ajanjakson energiakustannukset voidaan laskea arvioiden. Energian hinta muuttuu jatkuvasti, joten täysin tarkkaa energiankustannuslaskelmia ei voida laskea. Energiakustannukset arvioidaan energian hinnan kehityksen avulla. Vuosittainen energiankulutus on kuitenkin helposti laskettavissa, kun ratkaisua voidaan verrata perusratkaisuun. Energiakustannukset suhteutetaan myös rakennuksen bruttoneliötä kohden ($\text{€}/\text{m}^2$), jolloin vertailu on helpompaa. (Reinikainen E 2015.)

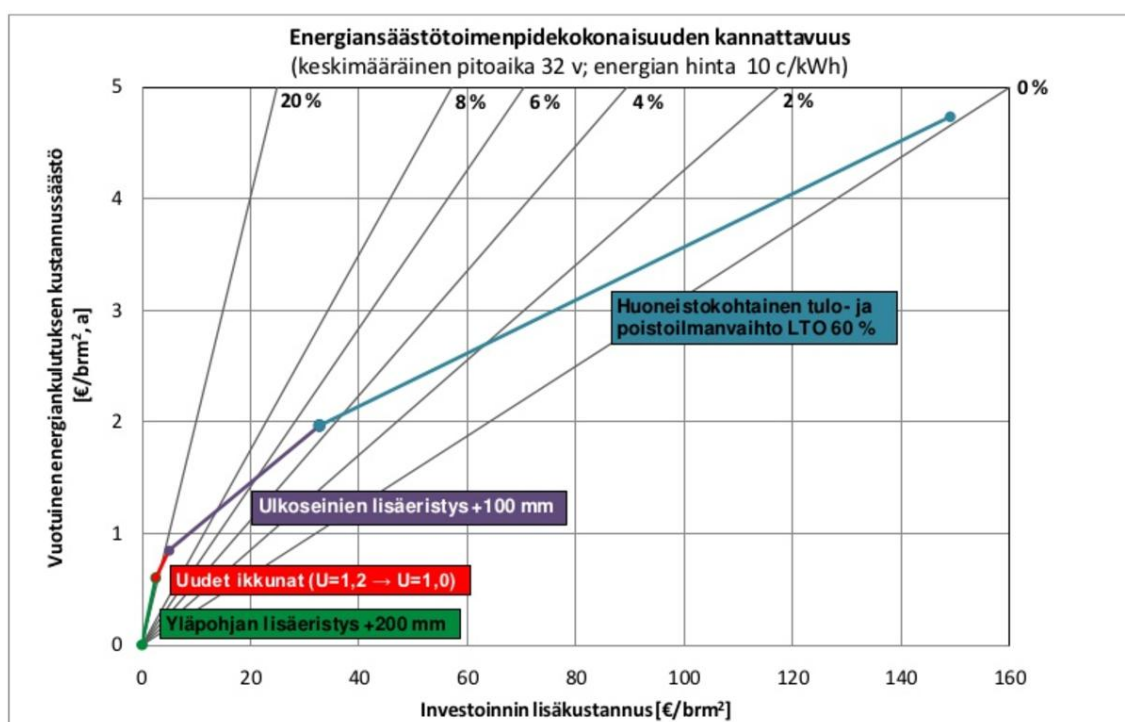
Ratkaisun ylläpitokustannukset tulevat myös laskelmiin mukaan. Ylläpitokustannukset pitävät sisällään kaiken, mitä ratkaisun ylläpitoon tarvitsee. Ylläpitokustannuksiin kuuluu vuosittaiset huollot sekä osien uusimiset tarvittaessa. Ylläpitokustannukset suhteutetaan kuten muutkin kustannukset ($\text{€}/\text{m}^2$). (Reinikainen E 2015.)

Käytön kustannukset voivat olla myös oleellinen osa ratkaisun kannattavuutta. Esimerkiksi valaistuksen tarpeenmukaistaminen tuo energiasäästöä vuosittain. Toisaalta myös ilmanvaihtoa voidaan pitää päällä tarpeen mukaan, jos rakennustyyppi sallii sen. (Reinikainen E 2015.)

Yksittäisien energiasäästötoimenpiteiden kannattavuutta voidaan kuvaajalla havainnollistaa. Vaaka-akselilla esitetään lisäkustannus perusratkaisuun nähden. Pystyakselilla esitetään vuotuiset energiankustannussäästöt ($\text{€}/\text{m}^2$). Parannustoimenpiteitä voidaan havainnollistaa helposti kuvaajalla, jotta päätöksenteko helpottuisi. Kuvaajasta voidaan lukea, kuinka eri parannusvaihtoehtojen energiansäästöt sekä sisäinen korko muuttuvat, kun toimenpiteitä tehdään. Sisäisen koron sekä energiansäästöt sijoitetaan taulukkoon sekä tuottovaatimussuorat. Tuottovaatimussuorista nähdään, mitkä energiansäästötoimenpiteet ovat kannattava tehdä. Toimenpiteet järjestetään taulukkoon, että kannattavin toimenpide laitetaan ensiksi ja sen jälkeen tulevat järjestyksessä huonoimpaan kannattavuuteen saakka. Kuvassa 8 on esitetty yksittäisen energiansäästötoimenpiteiden kannattavuus -kuvaaja, jota ei ole täytetty. (Kurvinen A et al. 2012.)



Kuva 8. Koordinaatisto, mihin voidaan helposti havainnollistaa energiansäästötoimenpiteiden kannattavuutta. Suorat viivat esittävät, miten kyseisellä sisäisen koron prosentilla suora käyttäytyisi kuvaajalla. (Kurvinen A & Heljo J 2011.)



Kuva 9. Esimerkki laskelma, miten energiasäästötoimenpiteet voivat sijoittua koordinaatistoon (Kurvinen A & Heljo J 2011.).

Optimointi on yksi vaihtoehto myös kuvata säästötoimenpiteitä. Optimoinnin kuvaajassa vaaka-akselilla esitetään rakennuksen energiankulutus ($\text{kWh}/(\text{brm}^2, \text{a})$). Kuvaajan pysty-akselilla esitetään kustannukset ($\text{€}/\text{m}^2$). Optimointilaskentaa on pääsääntöisesti käytetty kustannusoptimaalisuuslaskennassa. Lämmöneristyspaksuuksia tarkastellessa origo on nolla lämmöneristyspaksuudeltaan ja lämmöneristyspaksuus kasvaa, kun kuvaajassa liikutaan vaaka-akselia pitkin oikealle. Optimointikuvaajaan muodostuu alin kohta, jossa energiankulutus on optimoitu kustannuksien suhteen. (Kurvinen A et al. 2012.)

MOBO-työkalua voidaan käyttää energiatehokkuuden optimointiin. MOBO-optimoinnissa käytetään hyväksi algoritmiin pohjautuvaa työkalua, joka laskee ja analysoi eri ratkaisuvaihtoehtojen tuloksia. MOBO:n avulla voidaan havainnollistaa rakennushankkeen eri ratkaisuvaihtoehtoja. MOBO:n avulla voidaan vertailla eri ratkaisuvaihtoehtoja investointi- sekä elinkaarikustannuksiltaan. (Granlund Consulting Oy 2017.)

4. HOIVA-RAKENNUSTEN NYKYISET RAKENTEET SEKÄ TALOTEKNISET RATKAISUT

Hoivarakennuksista otetaan case-kohteiksi kaksi palvelukotia sekä yksi päiväkotia. Ensimmäinen case-kohde sijaitsee Kemiönsaarella. Toinen kohde sijaitsee Heinolassa. Molemmat kohteet ovat rakenteeltaan tyypillisiä hoiva-rakennuksia.

Case-kohteiden rakenteet ja tekniikka käydään läpi rakennus kerrallaan. Energiatieteiden vaikuttavat rakenteet sekä järjestelmät pyritään ensisijaisesti selostamaan. Rakennuksen yleiset ratkaisut myös selostetaan lyhyesti, joilla ei ole niin paljon vaikutusta energialaskelmiin.

4.1 Palvelukoti Kemiönsaari

Kemiönsaaren kohde on palvelukoti vanhuksille. Palvelukodissa on kolmellekymmenelle vanhukselle paikka. Rakennus tulee olla valmis vuonna 2017. (Lapti 2017.)

Rakennuksen ensimmäisessä kerroksessa on 1208,5 brm² sekä IV-konehuone toisessa kerroksessa 120,0m². Rakennuksen tilavuus on 4502 m³. Ikkunoita on palvelukodissa yhteensä 123,7 m². Koilliseen ikkunoita on 5,7 m², kaakkoon ikkunoita on 52,5 m², lounaaseen 14,1 m² sekä luoteeseen 51,4 m². (Lapti 2017.)

4.1.1 Energialaskennan lähtötiedot

Kohteelle oli annettu alustavia lähtötietoja energialaskentaa varten. Lähtötietojen perusteella rakennukselle on saatu laskettua E-luku, joka on 238 kWh_E/(m²a). (Lapti 2017.)

Lämmitykseen on lähtötietojen avulla asetettu kaukolämpö lämmitysmuodoksi. Kohteessa on käytössä vesikiertoinen lattialämmitys (40/30 °C). (Lapti 2017.)

Valaistuksen tehona on käytetty 7 W/m². Valaistustehon arvo poikkeaa standardiarvoista jonkin verran. Rakennukseen on laadittu erillinen valaistussuunnitelma. Käyttöaste valaistukselle on annettu 0,3. (Lapti 2017.)

Käyttöveden kierto- ja jakojohdon yhteispituus on 197 m. Kierto- ja jakojohdon eritystasona on 1,5 kertaistena putken halkaisija sekä kiertopumpun ottotehona on annettu 100 W. (Lapti 2017.)

Ilmamäärät ovat lähtötietojen perusteella asuinhuoneissa +14/-15 l/s, johtajan toimistossa +15/-15 l/s, tauko-/neuvottelutilassa +50/-65 l/s sekä oleskelutilassa +120/-120 l/s. Lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteeksi koko järjestelmälle on lähtötietojen mukaan annettu

70 % sekä SFP-luku 1,8. Jälkilämmityspatteri on nestekiertoinen sekä sen asetusarvo on 18 °C. Tulokanavat ovat eristetty. (Lapti 2017.)

IV-koneessa on jäähdytyspatteri sekä jäähdytyspatterinasetusarvona on 18 °C. Jäähdytyksen tuotto tapahtuu kompressorikylmälaitoksella. (Lapti 2017.)

Ikkunoiden g-arvoksi lähtötiedoissa on annettu 0,55. G-arvo voi toteutua ikkunan ominaisuudella tai aurinkosuojakalvolla. Ikkunoissa on oltava sälekaihtimet. (Lapti 2017.)

Alustavien lähtötietojen mukaan ilmanvuotoluku q_{50} saa olla arvoltaan korkeintaan 1,5. Rakenteille on annettu U-arvot ($W/(m^2K)$):

- US 0,16
- YP 0,09
- AP 0,16
- ikkunat ja ovet 1,0. (Lapti 2017.)

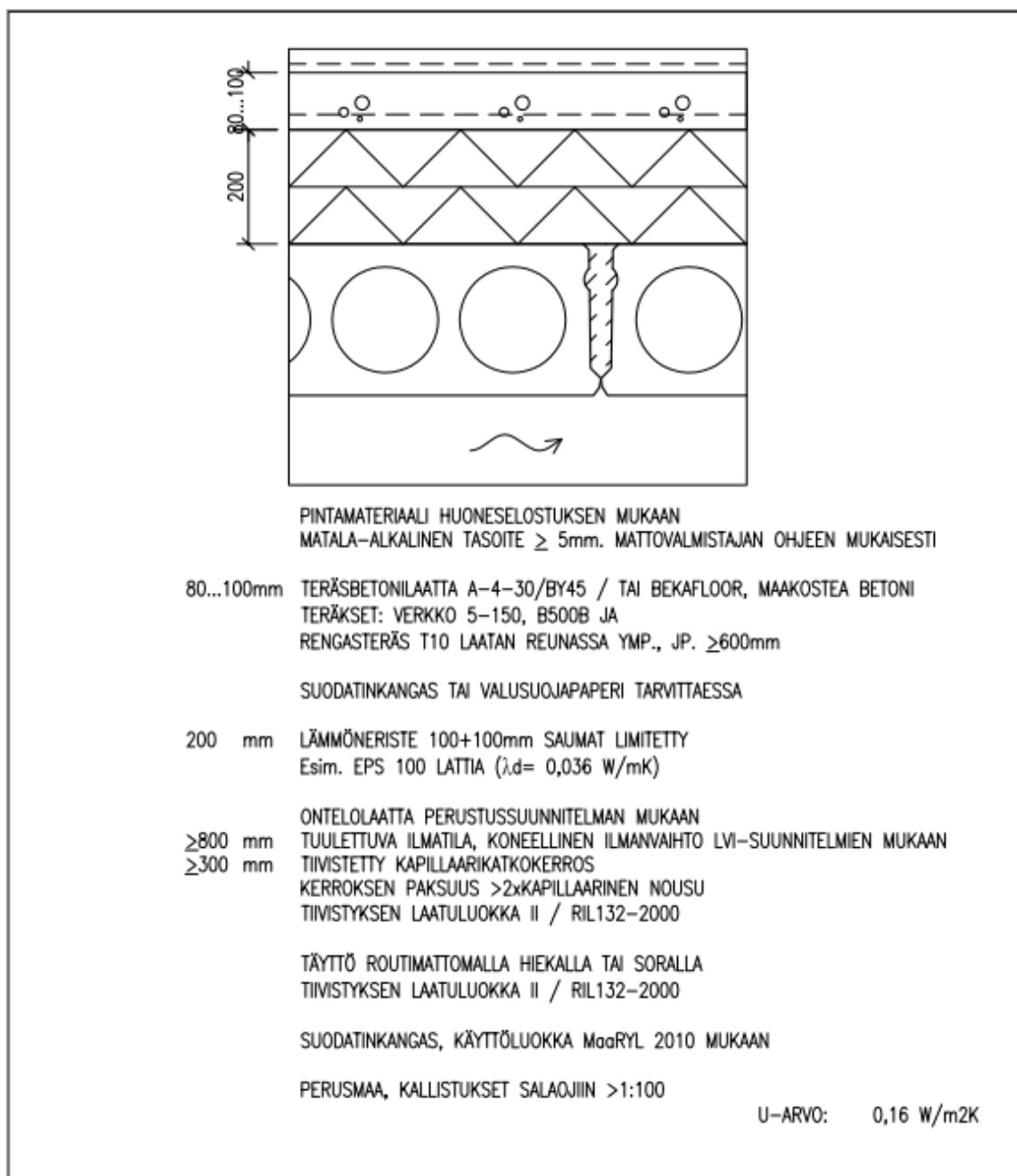
4.1.2 Rakenteet

Palvelukoti Kemiönsaarella on suunniteltu tuulettuva alapohja. Perustuksien alle asennetaan paalutus, jonka päälle valetaan sokkeli. Sokkelin päälle asennetaan ontelolaatasto. Ontelolaatat ovat 320 mm korkeita laattoja (O32). (Lapti 2017.)

Alapohjan ryömintätila on vähintään 800 mm. Ryömintätilan ensimmäinen kerros on kappilaarikatkokerrok, jonka jälkeen täyttö on täytetty routimattomalla hiekalla tai soralla. Ryömintätilassa on käytössä koneellinen ilmanvaihto LVI-suunnitelmien mukaisesti, joka esitetään ilmanvaihtojärjestelmien yhteydessä. (Lapti 2017.)

Ontelolaataston päälle asennetaan EPS 100 lattiaeristeet. Eristekerroksen paksuun on 100+100 mm sekä saumat limitetään. Eristekerroksen päälle valetaan 80...100 mm paksu teräsbetoni-laatta. (Lapti 2017.)

Alapohjalle on laskettu U-arvo, joka on annettu lähtötiedoissa. Alapohjan U-arvo 0,145 saavutetaan esitetyllä rakenteella. (Lapti 2017.)

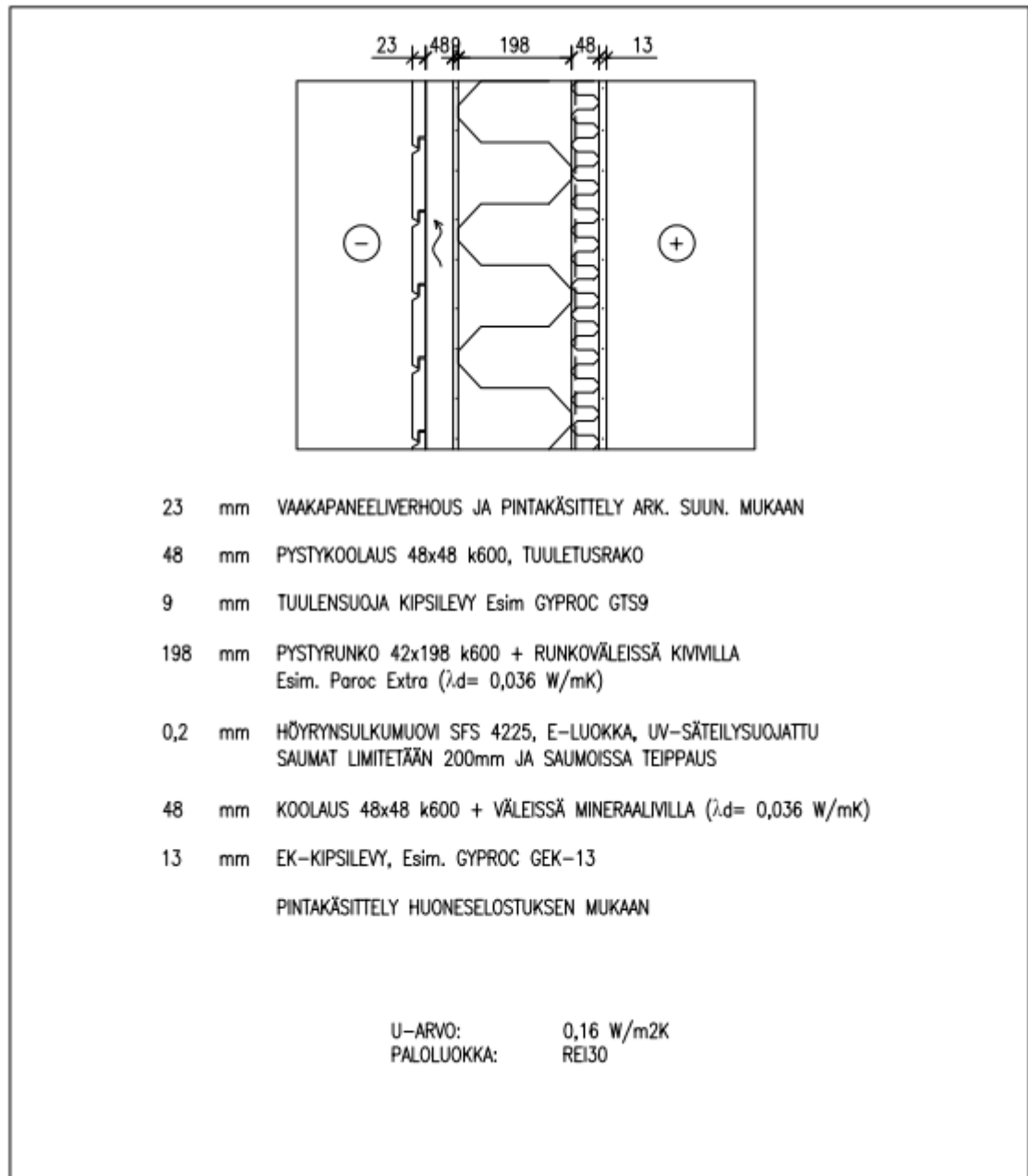


Kuva 10. Tuulettuvan alapohjan rakennetyyppikuva (Lapti 2017.).

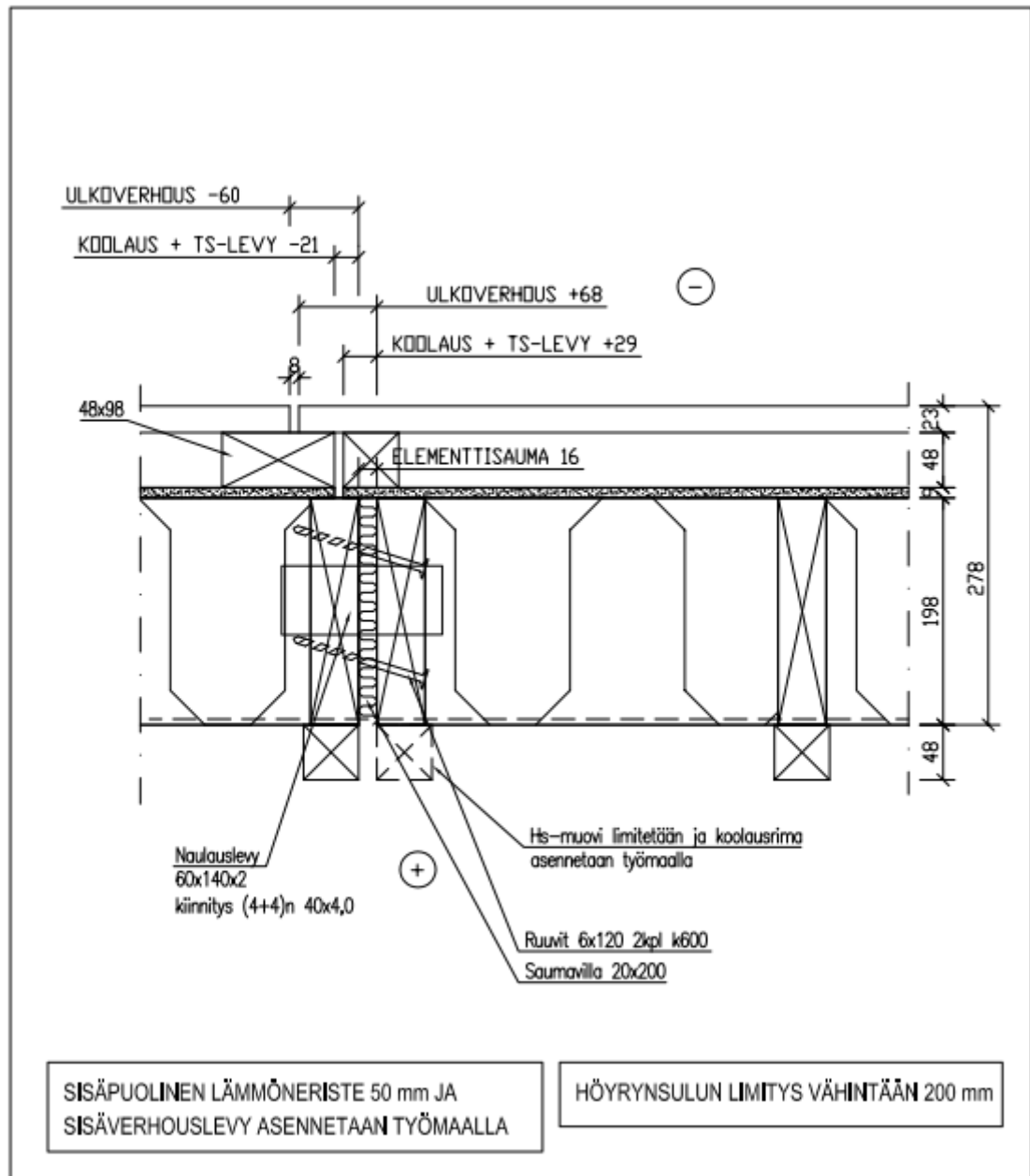
Rakennus on ulkoseinärakenteeltaan puuelementtiseinäinen rakennus. Rakennuksen runko on 198 mm paksu. Ulkopaneelauksen sekä rungon välissä on ilmarako 48x48 ri-moituksen avulla asennettu. Tuulensuojakipsilevy on ilmaraon sekä rungon välissä. (Lapti 2017.)

Rungon eristepaksuus on 200+50 mm. Elementtitehtaalla on asennettu runkojen väliin villoitus sekä 200 mm eristeen jälkeen elementtitehdas on asentanut höyrynsulkumuovin. Höyrynsulku limitetään 200 mm sekä teipataan. Höyrynsulkumuovin jälkeen tulee vielä 50mm villoitus, joka asennetaan työmaalla. (Lapti 2017.)

Elementtien väliin saumoihin asennetaan villakaista. Elementtien välinen liitos asennetaan tiiviiksi jolloin ilma ei pääse läpi liitoksesta. (Lapti 2017.)



Kuva 11. Rakennuksen ulkoseinä yleensä. Märkätilojen kohdalla eristyspaksuus pysyy samana. (Lapti 2017.)



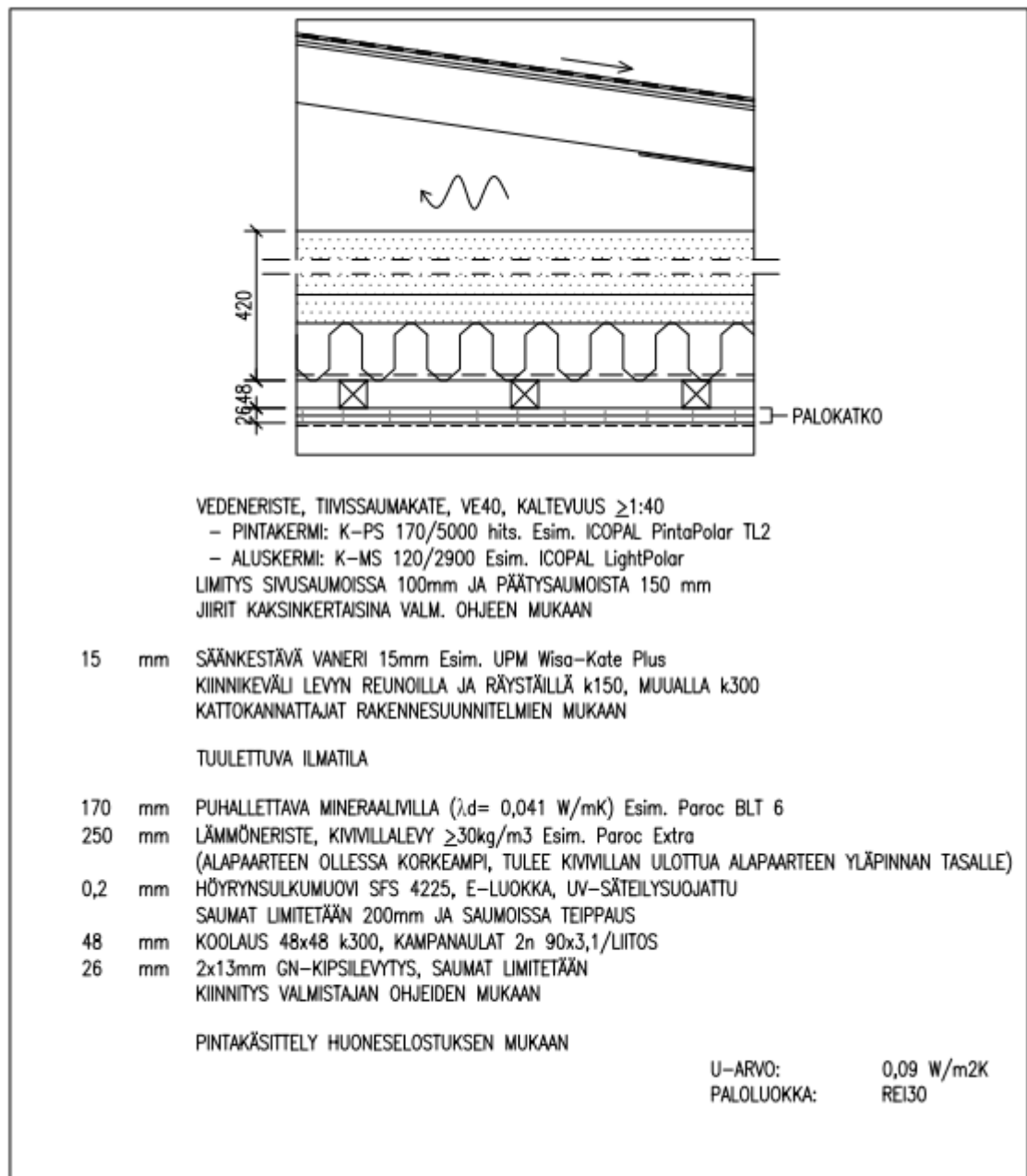
Kuva 12. Puuelementtien asennusdetalji (Lapti 2017.)

Puuelementit asennetaan tiiviisti sokkelin päälle. Alaohjauspuun päälle tuleva puuelementti tiivistetään, jotta rakenteesta saadaan ilmatiiviiksi. (Lapti 2017.)

Lähtötiedoissa on annettu ikkunoiden sekä ulko-ovien U-arvot. Ikkunat asennetaan elementtitehtaalla, jolloin ikkunoiden asentamiselle on hyvät olosuhteet ja rakenteesta saadaan ilmatiivis.

Yläpohjan eristepaksuus on yhteensä 420 mm kivivillaa. Siihen tulee 250 mm levyvillaa sekä 170mm puhallusvillaa. Eristeen yläpuolella on tuulettuva tila. (Lapti 2017.)

Yläpohjan eristeen alla on höyrynsulku. Höyrynsulku limitetään vähintään 100 mm ja reunoilla 150 mm sekä kaikki saumat teipataan. Höyrynsulun alla on kaksinkertainen kipsilevy palovaatimuksien vuoksi. (Lapti 2017.)



Kuva 13. Kemiönsaaren rakennuksen yläpohja lämpimissä tiloissa (Lapti 2017.).

Rakennus rakennetaan ilmatiiviiksi höyrynsulun avulla. Yläpohjan höyrynsulkumuovi limitetään sekä teipataan ulkoseinien höyrynsulkumuovin kanssa. Höyrynsulkumuovi vietään pintalaatan alle 100 mm. (Lapti 2017.)

4.1.3 LV-järjestelmät

Lämmitysjärjestelmä Kemiönsaaren kohteessa on kaukolämpö. Pintabetonilattiassa kulkevat lattialämmityspotket. Kaukolämmön avulla lattialämmityspotkiin kierrätetään lämmintä vettä. Huoneistoissa on huonekohtaiset termostaatit, joista voidaan säätää huonelämpötilaa. (Lapti 2017.)

Jäähdytysjärjestelmä on käytössä rakennuksen kahdessa tilassa. Jakelukeittiö sekä lääkejakohuoneessa on käytössä jäähdytys. Jäähdytyslaitteena käytetään ilmalämpöpumppua. (Lapti 2017.)

Lämpimän käyttöveden kierto- ja jakojohdon yhteispituus on 197 m sekä eristyspaksuus on 1,5-kertainen putken halkaisijaan nähden. Kiertopumpun tehoksi on ilmoitettu 100 W. Lämpimän käyttöveden jakelun hyötysuhde on 97%. (Lapti 2017.)

4.1.4 IV-järjestelmät

Rakennuksessa on kaksi ilmanvaihtokonetta. Toinen ilmanvaihtokone on tarkoitettu pelkästään asuinhuoneiden ilmanvaihtoa varten sekä toinen ilmanvaihtokone on tarkoitettu yleisiin tiloihin sekä jakelukeittiöön. (Lapti 2017.)

Asuinhuoneiden ilmanvaihtokoneena on rtek RVM VV 48-CO Ventier [L]. Ilmanvaihtokone täyttää ekosuunnitteluvaatimukset 2018. Annettujen tietojen mukaan tuloilmavirta on 0,69 m³/s sekä poistoilmavirraksi säädetään 0,74 m³/s. (Lapti 2017.)

Toisena ilmanvaihtokoneena yleisille tiloille on rtek RVM VV 58-CO Ventier [R]. Ilmanvaihtokone täyttää ekosuunnitteluvaatimukset 2016. Tuloilmavirraksi lähtötietojen mukaan säädetään 1,25 m³/s sekä poistoilmavirtana käytetään 0,99 m³/s. (Lapti 2017.)

Lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde koko järjestelmällä on yhteensä noin 70 %. SFP-luku ilmastointikoneilla on yhteensä 1,80 kW/(m³s). (Lapti 2017.)

4.1.5 Sähkölaitteet

Sähköpääkeskuksen pääsulakkeen koko rakennuksessa on 200A. Pääsulakkeen tulee katkaista koko rakennuksen ja siihen liittyvien rakenteiden sähköenergiankäyttö. (Lapti 2017.)

Valaistuksen tehona lähtötiedoissa on annettu 7 W/m². Kohteeseen on valaisinluettelon mukaan määritetty LED valoja valaistukseen. Kaikki lamput kuuluvat A-energiakulutusluokkaan paitsi yksi valaisintyyppi on määritetty B-energiakulutusluokkaan. B-energiakulutusluokan valaisimia on rakennuksessa 9 kappaletta. (Lapti 2017.)

4.1.6 Automaatio-järjestelmät

Rakennuksen automaatiojärjestelmät koskevat lähinnä LVI-tekniikkaa sekä valvontaa. Automaatioasennuksia tulee mm. ilmanvaihtokoneisiin, joka ohjaa ilmanvaihtokonetta säädettyjen asetusten mukaan. Palopeltijärjestelmälle on myöskin automaatiota palon sattuessa rakennukseen. Kaukolämmön toimintaan liittyvää automaatiota, joka mittaa ulkolämpötilaa sekä säätää kaukolämmön lämmönjakoa sen mukaan. (Lapti 2017.)

LVI-järjestelmien ulkopuolisia automaatioita on suhteellisen vähän. Kulunvalvonta sekä alakeskukset ovat sähkötyöselityksen mukaisesti automaatioituna. (Lapti 2017.)

Lähtötiedot ovat koottu taulukkoon yhteenvetona. Palvelukoti Kemiönsaaren yhteenvetotaulukko esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Kemiönsaaren ratkaisuiden yhteenvetotaulukko.

Palvelukoti Kemiönsaari		
Rakenne / kohde	Pinta-ala (m ²)	U-arvo (W/(m ² K))
Lämmitetty nettoala	1228,5	
Ulkoseinät	605,9	0,16
Yläpohja	1133,7	0,09
Alapohja	1133,7	0,16
Ikkunat	123,7	1,00
Ulko-ovet	24,7	1,00
Tilavuus	4502 m ³	
Ilmanvuotoluku q50		1,50 m ³ /(h m ²)
Henkilökuorma	Käyttöaste 30 %	4,0 W/m ²
Kuluttajalaitteet	Käyttöaste 30 %	4,0 W/m ²
Talotekniikka		
Kaukolämpö		
Vesikiertoinen lattialämmitys		
Kierto- ja jakojohdon pituus 197 m		
Kierto- ja jakojohdon eristystaso 1,5x		
Kiertopumpun ottoteho 100 W		
SFP-luku 1,8 kW/(m ³ s)		
IV-koneessa jälkilämmityspatteri		
IV LTO 70%		
Valaistuksen teho 7 W/m ²		
Valaistuksen käyttöaste 0,3		
Lämmin käyttövesi 685 dm ³ /(m ² a), lämmitysenergian tarve 40kWh/(m ² a)		
E-luku (2012)	-	238 kWh/(m ² a)

4.2 Palvelukoti Heinola

Heinolassa sijaitseva kohde on Kemiönsaaren tapaan palvelukoti vanhuksille. Palvelukodissa on neljällekymmenelleyhdelle vanhukselle paikka. Rakennus on luovutettu käyttäjälle maaliskuussa 2017. (Lapti 2017.)

Rakennuksen ensimmäisessä kerroksessa on 1664,5 brm² sekä IV-konehuone toisessa kerroksessa 98,5m². Rakennuksen tilavuus on 6250 m³. Ikkunoita on palvelukodissa yhteensä 170,1 m². Koilliseen ikkunoita on 5,6 m², kaakkoon ikkunoita on 77,8 m², lounaaseen 14,2 m² sekä luoteeseen 72,5 m². (Lapti 2017.)

4.2.1 Energialaskennan lähtötiedot

Kohteelle oli annettu alustavia lähtötietoja energialaskentaa varten. Lähtötietojen perusteella rakennukselle on saatu laskettua E-luku, joka on 228 kWh_E/(m²a). (Lapti 2017.)

Lämmitykseen on lähtötietojen avulla asetettu kaukolämpö lämmitysmuodoksi. Kohteessa on käytössä vesikiertoinen lattialämmitys. (Lapti 2017.)

Valaistuksen tehona on käytetty 7 W/m². Valaistustehon arvo poikkeaa standardiarvoista jonkin verran kuten Kemiönsaaren kohteessa. Rakennukseen on laadittu erillinen valaistussuunnitelma. Käyttöaste valaistukselle on annettu 0,3. (Lapti 2017.)

Käyttöveden kierto- ja jakojohdon yhteispituus on 276m. Kierto- ja jakojohdon eritystasona on 1,5x putken halkaisija sekä kiertopumpun ottotehona on annettu 30W. (Lapti 2017.)

Ilmamäärät ovat lähtötietojen perusteella asuinhuoneissa +20/-21 l/s, johtajan toimistossa +15/-15 l/s, tauko-/neuvottelutilassa +55/-55 l/s sekä oleskelutilassa +120/-120 l/s. Lämmönalteenoton vuosihyötysuhteeksi on lähtötietojen mukaan annettu 72% sekä SFP-luku 1,44 kW/(m³s). Jälkilämmityspatteri on nestekiertoinen sekä jälkilämmityspatterin asetusarvona toimii 18 °C. Tulokanavat ovat eristettyjä. (Lapti 2017.)

IV-koneessa on jäähdytyspatteri sekä jäähdytyspatterinasetusarvona on 18 °C. Jäähdytyksen tuotto tapahtuu kompressorikyilmälaitoksella. (Lapti 2017.)

Ikkunoiden g-arvoksi lähtötiedoissa on annettu 0,50. G-arvo voi toteutua ikkunan ominaisuudella tai aurinkosuojakalvolla. Ikkunoissa on oltava sälekaihtimet. (Lapti 2017.)

Alustavien lähtötietojen mukaan ilmanvuotoluku q₅₀ saa olla arvoltaan korkeintaan 1,5. Rakenteille on annettu U-arvot (W/(m²K)):

- US 0,17
- YP 0,09
- AP 0,145

- ikkunat ja ovet 1,0. (Lapti 2017.)

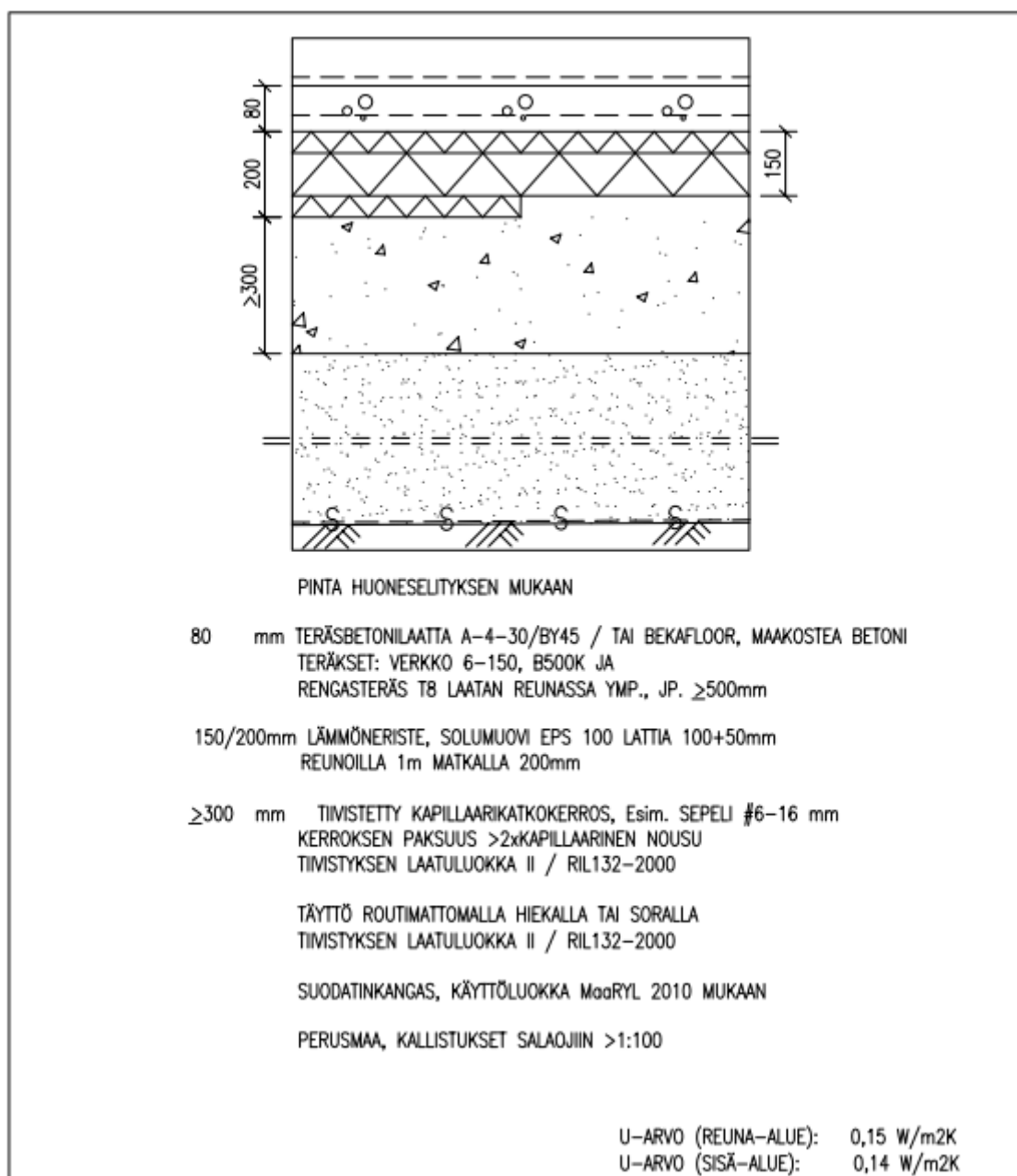
4.2.2 Rakenteet

Palvelukoti Heinolassa alapohjan ratkaisuna on käytetty maanvaraistalaattaa. Perustuksiksi on valettu anturat, joiden päälle on valettu sokkelit. (Lapti 2017.)

Maanvaraisenlaatan alle on asennettu maakerrokset, joilla on estetty mm. kapillaarinousu. Kapillaarikerrokseksi on laitettu #6-16 mm rakeista soraa. Soran alle on asennettu routimattomalla hiekalla tai soralla maakerros. Routimattoman maakerroksen alle on asennettu kallistukset salaojiin, joka on vähintään 1:100. (Lapti 2017.)

Sorakerroksen päälle asennetaan maanvaraisenlaatan eristykset. Eristyksenä on EPS 100 lattiaeriste. Maanvaraisenlaatan reunoilla eristyspaksuus on 50+100+50 mm sekä muilta osin maanvaraisenlaatan alle tulee 50+100 mm eristyspaksuus. Lisäeristyksen leveys reuna-alueilla on 1000 mm sokkelista. Eristeiden päälle tulee 80...100 mm pintavalu, joka on teräsbetonilaatta. (Lapti 2017.)

Alapohjalle on laskettu U-arvo, joka on annettu lähtötiedoissa. Alapohjan U-arvo saavutetaan esitetyllä rakenteella. (Lapti 2017.)

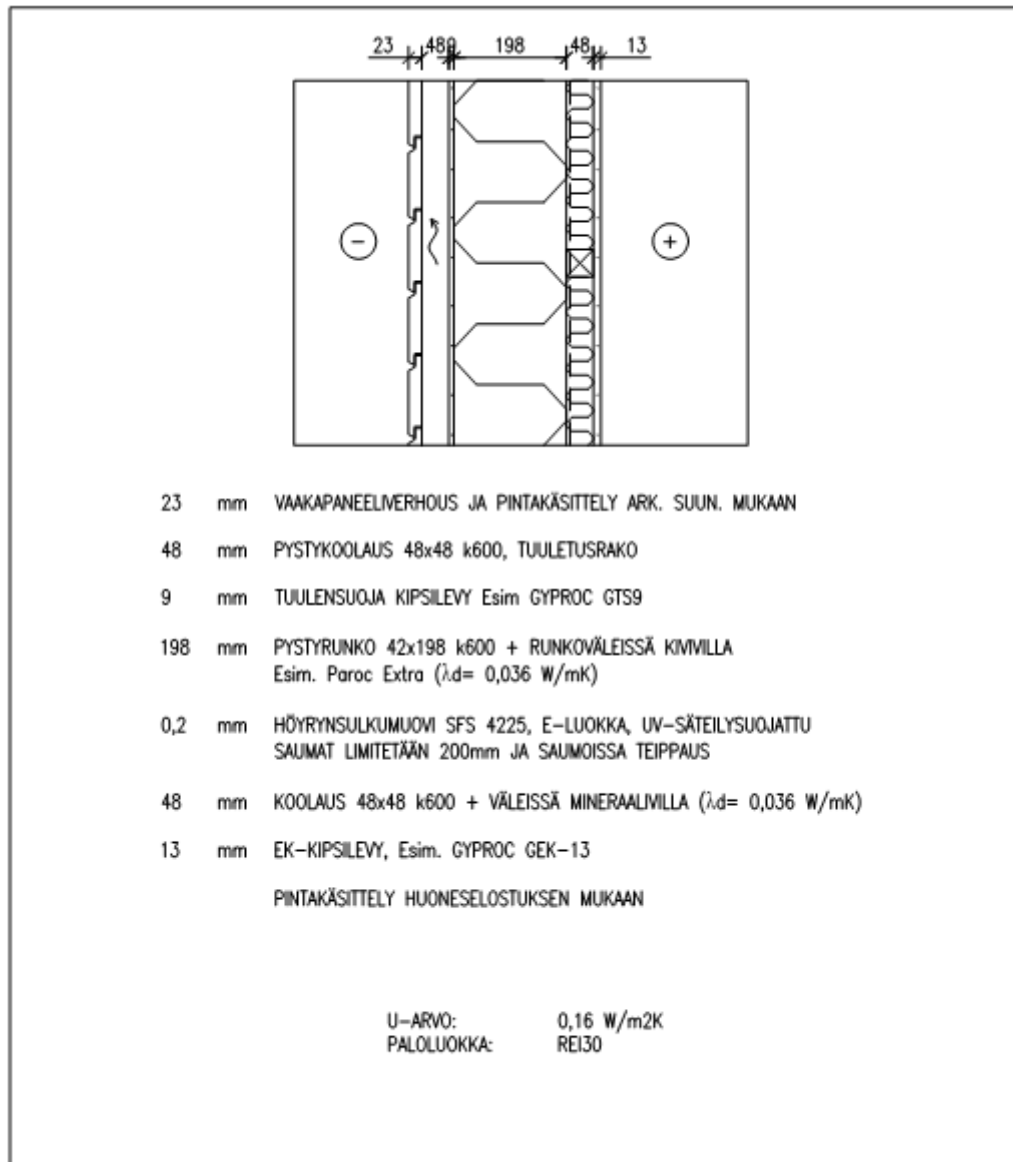


Kuva 14. *Palvelukoti Heinola alapohjan rakennekuva (Lapti 2017.).*

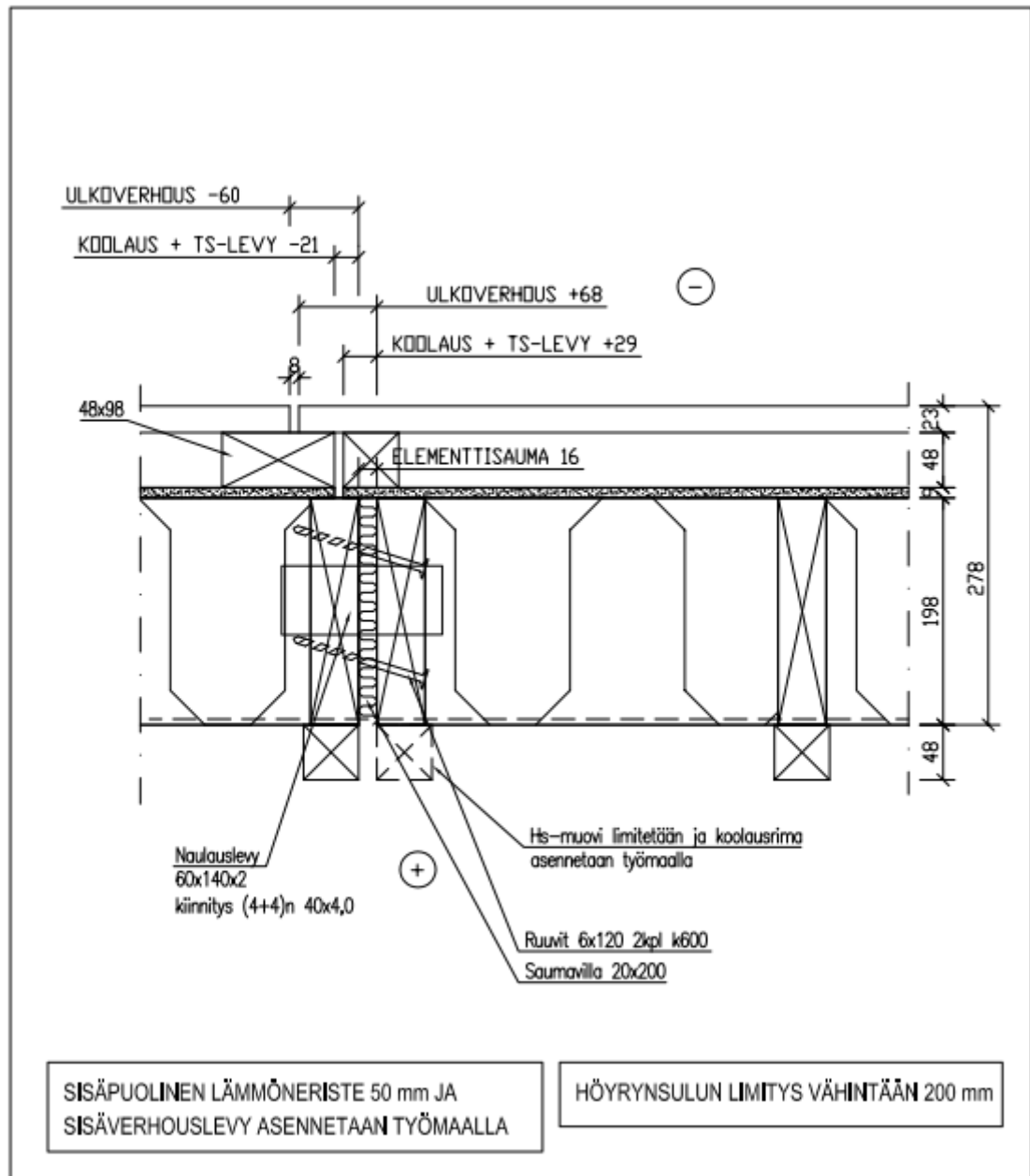
Rakennus on rakennettu puuelementeistä. Rakennuksen runko on 198 mm paksu. Rakennuksen ulkoseinän paneelin sekä rungon välissä on tuuletusrako. Tuuletusraon rimoitus on tehty 48x48 kokoisesta puutavarasta. Tuuletusraon jälkeen runkoa suojaa tuulensuojakipsilevy. (Lapti 2017.)

Ulkoseinän eristykseenä on 200+50 mm eristettä rungon väleissä, joista 200 mm on asennettu runkoon elementtitehtaalla sekä 50 mm höyrynsulkumuovin jälkeen työmaalla. Tehtaalla asennetun eristeen sekä työmaalla asennetun eristeen välissä elementtitehtaalla on asennettu höyrynsulkumuovi. Höyrynsulku limitetään 200 mm sekä teipataan. (Lapti 2017.)

Elementtien välit tiivistetään villakaistalla. Elementtien välinen liitos saadaan tiiviiksi villakaistan avulla. (Lapti 2017.)



Kuva 15. *Palvelukoti Heinola* ulkoseinärakenne (Lapti 2017.)



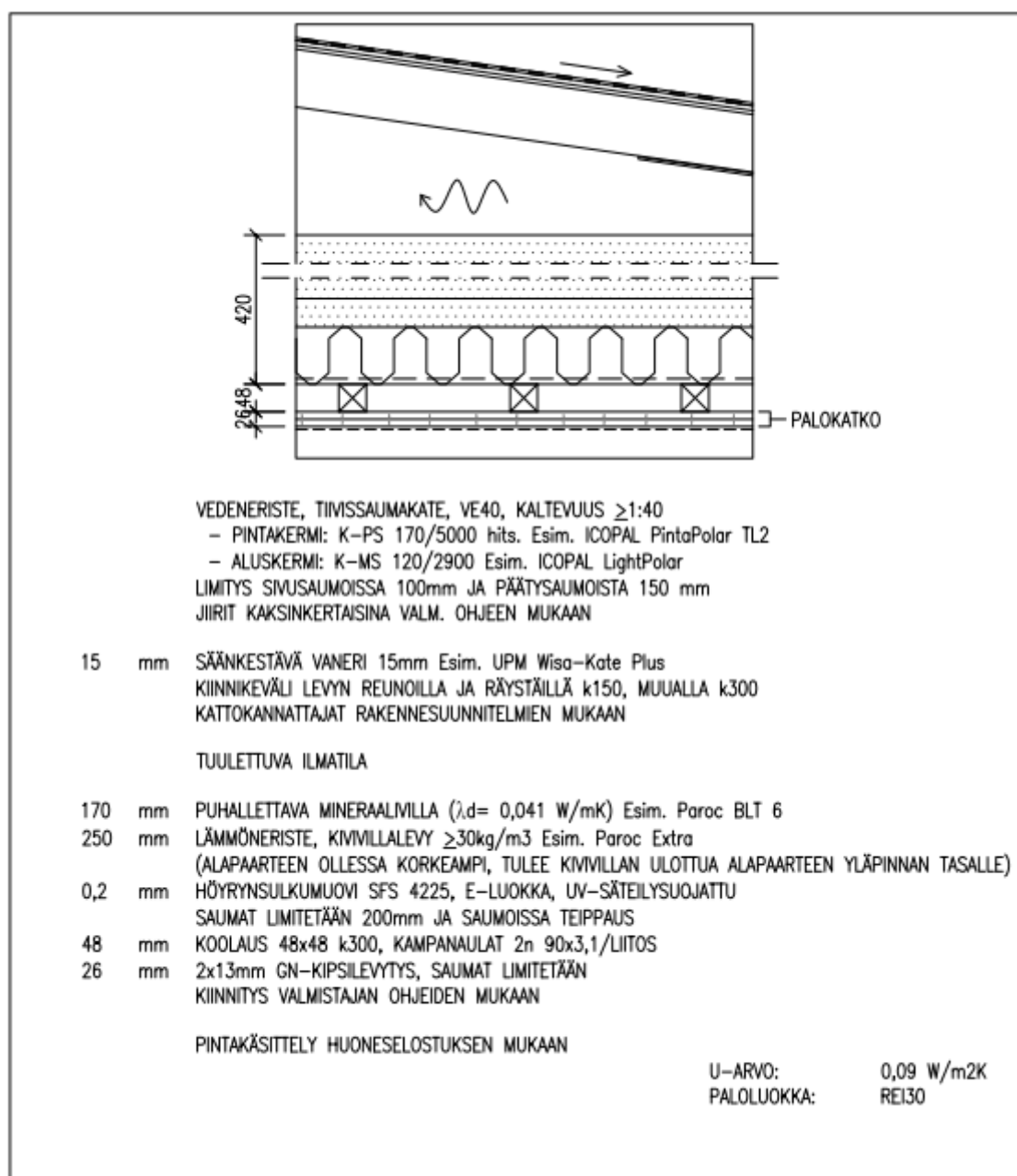
Kuva 16. *Palvelukoti Heinola* ulkoseinäelementtien liitosdetalji (Lapti 2017.).

Puuelementit asennetaan sokkelin päällä olevan alaohjauspuun päälle. Ulkoseinäelementit asennetaan alaohjauspuun päälle, että väliin laitetaan tiiviste. (Lapti 2017.)

Ikkunoille sekä ulko-oville lähtötiedoissa oltiin annettu U-arvot. Ikkunat asennetaan elementtitehtaalla, joten saadaan hyvissä olosuhteissa ikkunat asennettua. Ulko-ovet asennetaan työmaalla myöhemmin.

Yläpohjan eristepaksuus on yhteensä 420 mm kivivillaa. Yläpohjaan on asennettu ensiksi 250 mm levyvillaa sekä myöhemmin 170 mm puhallusvillaa. Ullakkorakenne on tuuletettava. (Lapti 2017.)

Yläpohjan eristeen alla on höyrynsulku. Höyrynsulku on limitetty vähintään 100 mm sekä reunoilla 150 mm sekä kaikki saumat teipataan. Höyrynsulun alla on kaksinkertainen kipsilevytys palovaatimuksien vuoksi. (Lapti 2017.)



Kuva 17. *Palvelukoti Heinola yläpohjarakenne lämpimissä tiloissa (Lapti 2017.).*

Rakennuksen ilmatiiveys huolehditaan höyrynsulkumuovin avulla. Höyrynsulku kierretään ulkoseinissä sekä yläpohjassa. Kaikki saumat teipataan, jotta ilmatiiveys säilyy. Höyrynsulku viedään pintalaatan alle vähintään 100mm. (Lapti 2017.)

4.2.3 LV-järjestelmät

Palvelukoti Heinolassa on käytössä kaukolämpö. Pintabetonilattiassa kulkee vesikiertoiset lattialämmitysputket. Kaukolämmön avulla lattialämmitysputkissa kierrätettävä vesi saadaan lämpimäksi. Huoneistossa on termostaatit, joista voidaan säätää huonekohtaisia lämpötiloja. (Lapti 2017.)

Rakennuksessa on jäähdytyslaite käytössä kahteen tilaan. Jäähdytettävät tilat ovat jakelukeittiö sekä lääkejakohuone. Jäähdytyslaitteena on ilmalämpöpumppu. (Lapti 2017.)

Lämpimän käyttöveden kierto- ja jakojohdon yhteispituus on 276 m sekä eristyspaksuus on 1,5-kertainen putken halkaisijaan nähden. Kiertopumpun tehoksi on ilmoitettu 30 W. Lämpimän käyttöveden jakelun hyötysuhde on 97 %. (Lapti 2017.)

4.2.4 IV-järjestelmät

Rakennuksessa on käytössä kaksi ilmanvaihtokonetta. Toinen ilmanvaihtokone on tarkoitettu asuinhuoneiden ilmanvaihtoa varten sekä toinen ilmanvaihtokone on tarkoitettu yleisiin tiloihin sekä jakelukeittiölle. (Lapti 2017.)

Asuinhuoneiden ilmanvaihtokoneena on rtek RVM VV 48-CO Ventier. Ilmanvaihtokone täyttää ekosuunnitteluvaatimukset 2018. Tuloilmavirraksi säädetään 0,90 m³/s sekä poistoilmavirraksi 0,94 m³/s. LTO-laskennallinen vuosihyötysuhde laitteella on 73,0 %. (Lapti 2017.)

Toisena ilmanvaihtokoneena yleisille tiloille on rtek RVM VV 58-CO Ventier [R]. Ilmanvaihtokone täyttää ekosuunnitteluvaatimukset 2018. Tuloilmavirraksi säädetään 1,26 m³/s sekä poistoilmavirraksi 1,40 m³/s. LTO-laskennallinen vuosihyötysuhde laitteella on 71,6 %. (Lapti 2017.)

Molempien ilmastointilaitteiden SFP-luku on yhteensä 1,44 kW/(m³s). Koko järjestelmän LTO:n vuosihyötysuhteeksi saadaan noin 72 %. (Lapti 2017.)

4.2.5 Sähkölaitteet

Sähköpääkeskuksen pääsulakkeen koko rakennuksessa on 250 A. Pääsulakkeen tulee katkaista koko rakennuksen ja siihen liittyvien rakenteiden sähköenergiankäyttö. (Lapti 2017.)

Valaistuksen tehona lähtötiedoissa on annettu 7 W/m². Kohteeseen on valaisinluettelon mukaan määritetty LED-valoja valaistukseen. Kaikki lamput kuuluvat A-energiakulutusluokkaan paitsi yksi valaisintyyppi on määritetty B-energiakulutusluokkaan. B-energiakulutusluokan valaisimia on kiinteistössä 8 kappaletta. (Lapti 2017.)

4.2.6 Automaatio-järjestelmät

Rakennuksen automaatiojärjestelmät koskevat lähinnä LVI-tekniikkaa sekä valvontaa, kuten Kemiönsaaren palvelutalossa. Automaatioasennuksia tulee mm. ilmanvaihtokoneisiin, joka ohjaa ilmanvaihtokonetta säädettyjen asetusten mukaan. Palopeltijärjestelmälle on myöskin automaatiota palon sattuessa rakennukseen sekä kaukolämmön toimintaan liittyvää automaatiota on kohteessa. (Lapti 2017.)

LVI-järjestelmien ulkopuolisia automaatioita on suhteellisen vähän. Kulunvalvonta sekä alakeskukset ovat sähkötyöselityksen mukaisesti automaatioituna. (Lapti 2017.)

Lähtötiedot ovat koottu taulukkoon yhteenvetona. Palvelukoti Kemiönsaaren yhteenvetotaulukko esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7. Heinolan ratkaisuiden yhteenvetotaulukko.

Palvelukoti Heinola		
Rakenne / kohde	Pinta-ala (m ²)	U-arvo (W/(m ² K))
Lämmitetty nettoala	1664,5	-
Ulkoseinät	745,0	0,17
Yläpohja	1569,0	0,09
Alapohja	1569,0	0,145
Ikkunat	170,1	1,00
Ikkunat	30,2	1,00
Tilavuus	6250 m ³	-
Ilmanvuotoluku q50	-	0,90 m ³ /(h m ²)
Henkilökuorma	Käyttöaste 30 %	4,0 W/m ²
Kuluttajalaitteet	Käyttöaste 30 %	4,0 W/m ²
Talotekniikka		
Kaukolämpö		
Vesikiertoinen lattialämmitys		
Kierto- ja jakojohdon pituus 276 m		
Kierto- ja jakojohdon eristystaso 1,5x		
Kiertopumpun ottoteho 30 W		
SFP-luku 1,44 kW/(m ³ s)		
IV-koneessa jälkilämmityspatteri		
IV LTO 72%		
Valaistuksen teho 7 W/m ²		
Valaistuksen käyttöaste 0,3		
Lämmin käyttövesi 685 dm ³ /(m ² a), lämmitysenergian tarve 40kWh/(m ² a)		
E-luku (2012)	-	228 kWh/(m ² a)

4.3 Päiväkoti Joensuu

Joensuun kohde on päiväkoti. Päiväkodissa on paikka neljälle ryhmälle. Rakennus tulee olla valmis heinäkuussa vuonna 2017. (Lapti 2017.)

Rakennuksessa on bruttoneliömäärä 724,5 brm². Päiväkodin tilavuus on 2640 m³. Kiinteistössä on myös kylmävarasto 11,0 brm² sekä jätekatos. Ikkunoita on palvelukodissa yhteensä 92,4 m². Pohjoiseen ikkunoita on 27,3 m², itään ikkunoita on 15,7 m², etelään 29,9 m² sekä länteen 19,6 m². (Lapti 2017.)

4.3.1 Energialaskennan lähtötiedot

Kohteelle oli annettu alustavia lähtötietoja energialaskentaa varten. Lähtötietojen perusteella rakennukselle on saatu laskettua E-luku, joka on 139 kWh_E/(m²a). (Lapti 2017.)

Lämmitykseen on lähtötietojen avulla asetettu kaukolämpö lämmitysmuodoksi. Kohteessa on käytössä vesikiertoinen lattialämmitys. (Lapti 2017.)

Valaistuksen tehona on käytetty 9,5 W/m². Valaistustehon arvo on suurempi kuin palvelukodeissa. Valaistusteho kuitenkin on alle standardin. Rakennukseen on laadittu erillinen valaistussuunnitelma. Käyttöaste valaistukselle on annettu 0,6. (Lapti 2017.)

Käyttöveden kierto- ja jakojohdon yhteispituus on 105 m. Kierto- ja jakojohdon eritystasona on 1,5x putken halkaisija sekä kiertopumpun ottotehona on annettu 80 W. (Lapti 2017.)

Ilmamäärät ovat lähtötietojen perusteella ryhmähuoneessa 1 +190/-170 l/s, ryhmähuone 2 +170/-170 l/s, ryhmähuone 4 +120/-120 l/s, lepohuone 2 +80/-80 l/s sekä lepohuone 3 +80/-80 l/s ovat nostettu huonelämpötilavaatimuksien täyttymiseksi. Muissa tiloissa on ilmamäärät alustavien suunnitelmien mukaisesti. Lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteeksi on lähtötietojen mukaan annettu 65% sekä SFP-luku 1,8. Jälkilämmityspatteri on nestekiertoinen sekä jälkilämmityspatterin asetusarvona toimii 18 °C sekä kesällä 17 °C. Tulokanavat eivät ole eristettyjä. Ilmanvaihto pidetään päällä vähintään 50 % teholla käyttöajan ulkopuolella. (Lapti 2017.)

Lepohuoneissa 2 sekä 3 on hiilidioksidiohjaus. Hiilidioksidiohjaus pidetään päällä myös kesäisin. (Lapti 2017.)

Ikkunoiden g-arvoksi lähtötiedoissa on annettu pohjoisen puolen ikkunoissa 0,50, itään päin olevissa ikkunoissa 0,25, lepohuone 3 ikkunoissa 0,25 sekä muualla 0,38. G-arvo voi toteutua ikkunan ominaisuudella tai aurinkosuojakalvolla. Ikkunoissa on oltava sälekaihtimet. (Lapti 2017.)

Alustavien lähtötietojen mukaan ilmanvuotoluku q_{50} saa olla arvoltaan korkeintaan 2,0. Rakenteille on annettu U-arvot ($W/(m^2K)$):

- US 0,16
- YP 0,09
- AP 0,14
- ikkunat ja ovet 1,0. (Lapti 2017.)

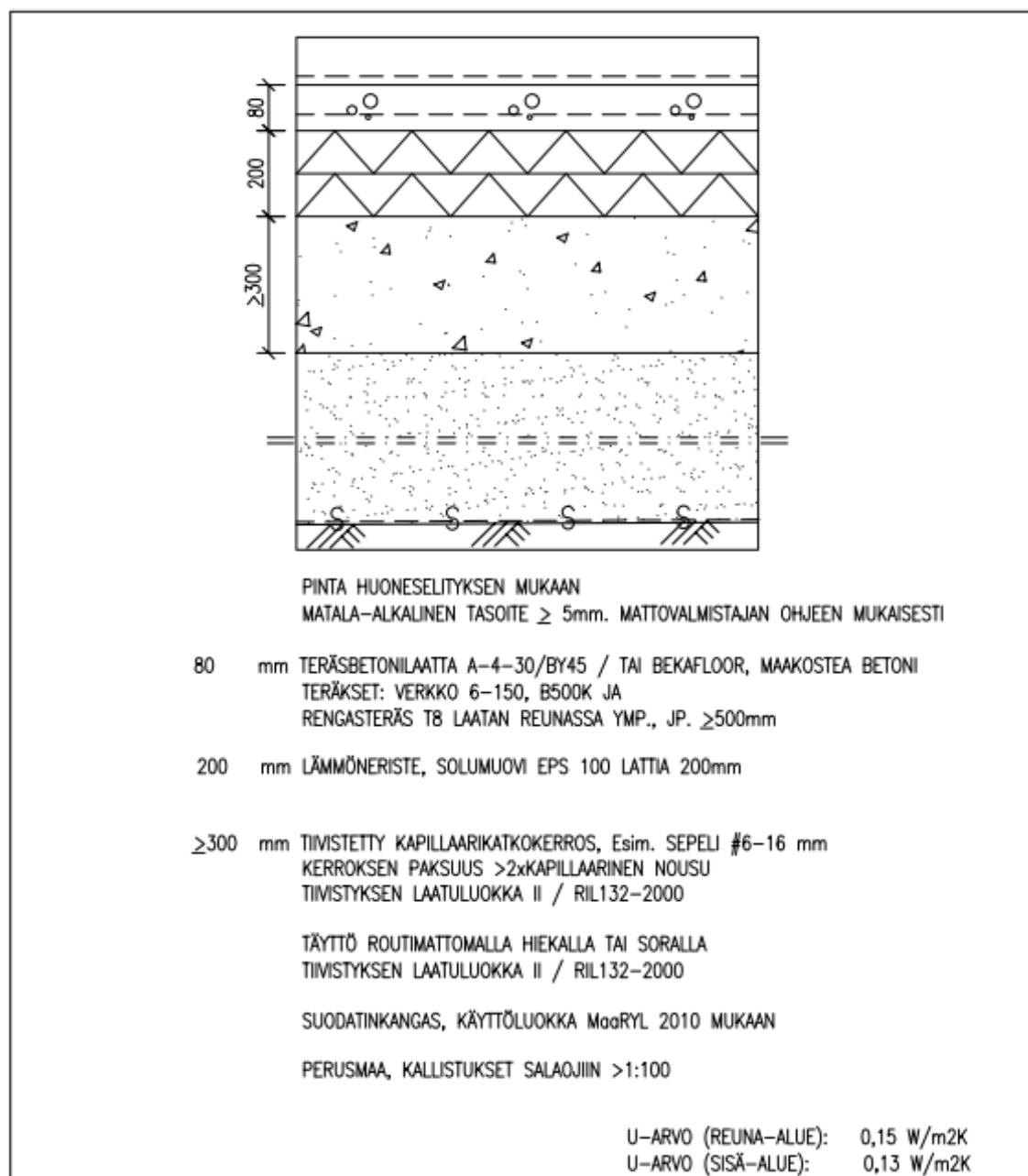
4.3.2 Rakenteet

Päiväkoti Joensuussa on ratkaisuna käytetty maanvaraistalaattaa. Perustuksiksi on valettu anturat, joiden päälle on valettu sokkelit. (Lapti 2017.)

Maanvaraisenlaatan alle on asennettu maakerrokset, joilla on estetty mm. kapillaarinousu. Kapillaarikerrokseksi on laitettu #6-16 mm rakeista soraa. Soran alle on asennettu routimattomalla hiekalla tai soralla maakerros. Routimattoman maakerroksen alle on asennettu kallistukset salaojiin, joka on vähintään 1:100. (Lapti 2017.)

Sorakerroksen päälle asennetaan maanvaraisenlaatan eristykset. Eristyksenä on EPS 100 lattiaeriste. Maanvaraisenlaatan eristyspaksuus on 100+100 mm, joka tulee koko maanvaraisenlaatan alle samana. Eristeiden päälle tulee 80 mm pintavalu, joka on teräsbetoni-laatta. (Lapti 2017.)

Alapohjalle on laskettu U-arvo, joka on annettu lähtötiedoissa. Alapohjan U-arvo saavutetaan esitetyllä rakenteella. Reuna-alueilla U-arvo rakennesuunnitelmien mukaan on 0,15 $W/(m^2K)$ sekä sisäalueilla 0,13 $W/(m^2K)$. (Lapti 2017.)

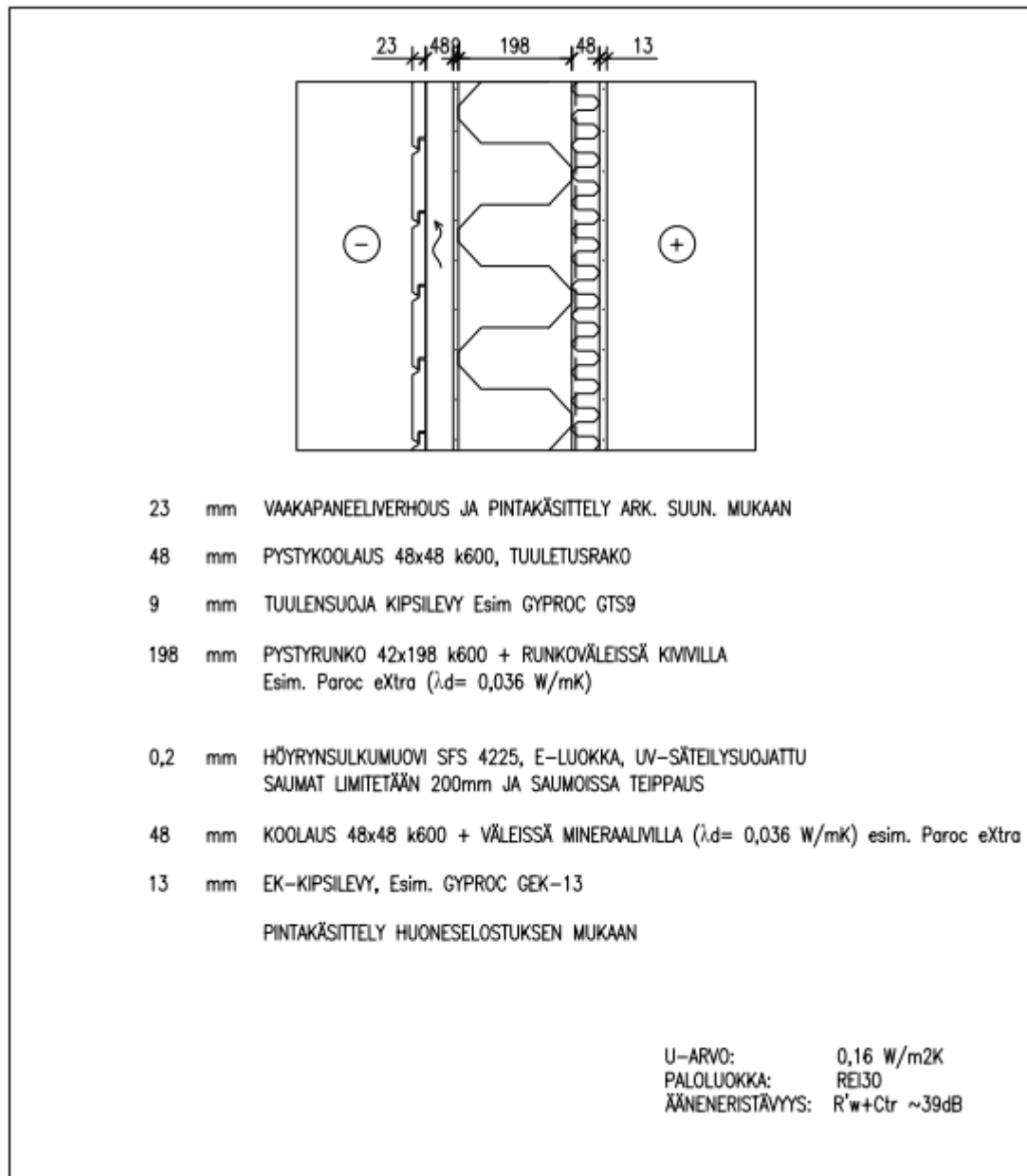


Kuva 18. Päiväkoti Joensuu alapohjarakenne (Lapti 2017.).

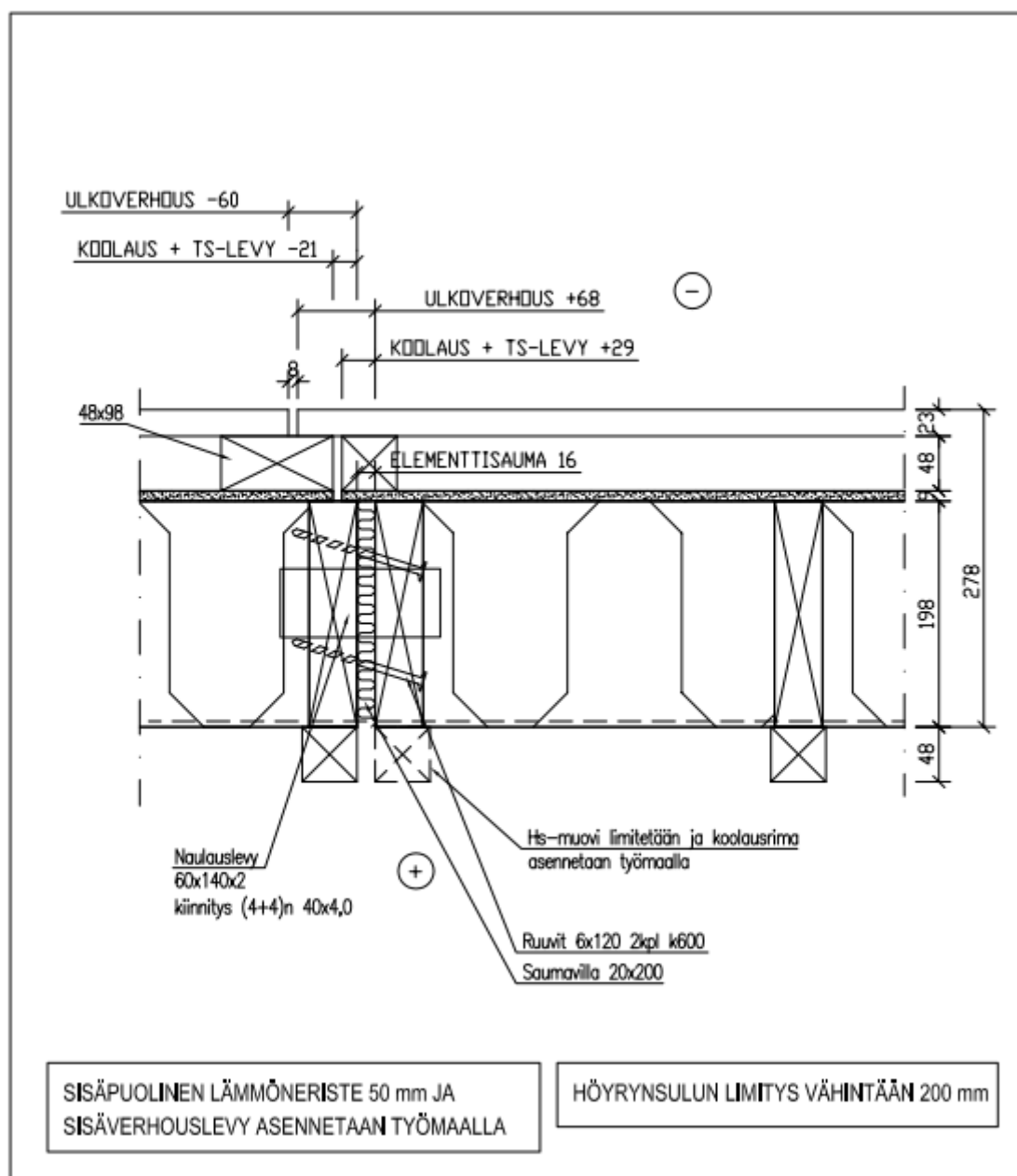
Rakennus on rakennettu puuelementeistä. Rakennuksen runko on 198 mm paksu. Rakennuksen ulkoseinän paneelin sekä rungon välissä on tuuletusrako. Tuuletusraon rimoitus on tehty 48x48 kokoisesta puutavarasta. Tuuletusraon jälkeen runkoa suojaa tuulensuojakipsilevy. (Lapti 2017.)

Ulkoseinän eristysenä on 200+50 mm eristettä rungon väleissä, joista 200 mm on asennettu runkoon elementtitehtaalla sekä 50 mm höyrynsulkumuovin jälkeen työmaalla. Tehtaan eristysen jälkeen elementtitehtaalla on asennettu höyrynsulkumuovi. Höyrynsulku limitetään 200 mm sekä teipataan. (Lapti 2017.)

Elementtien välit tiivistetään villakaistalla. Elementtien välinen liitos saadaan tiiviiksi villakaistan avulla. (Lapti 2017.)



Kuva 19. Päiväkoti Joensuu ulkoseinärakenne (Lapti 2017.).



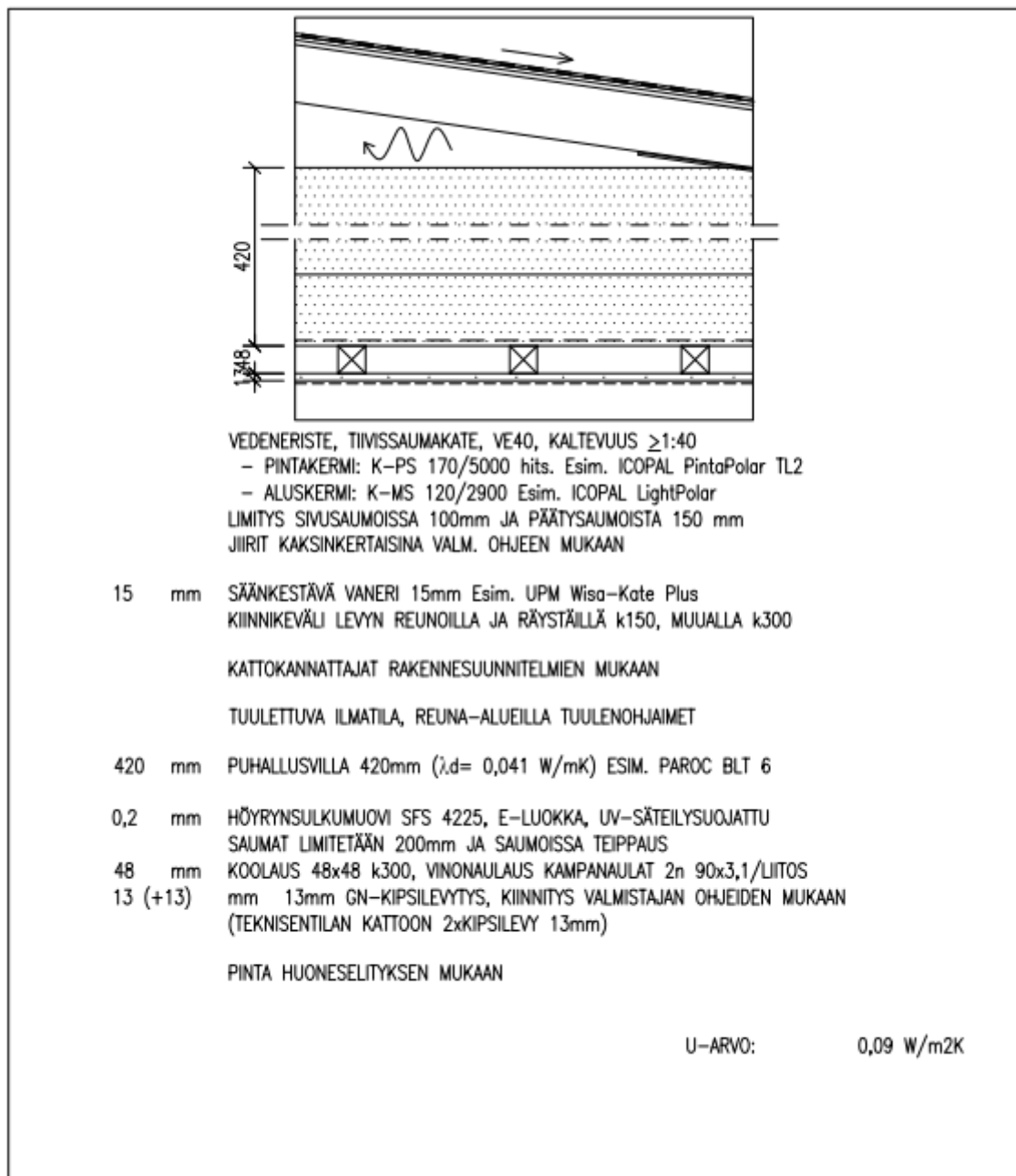
Kuva 20. Päiväkoti Joensuu ulkoseinäelementtien liitosdetalji (Lapti 2017.).

Puuelementit asennetaan sokkelin päällä olevan alaohjauspuun päälle. Ulkoseinäelementit asennetaan alaohjauspuun päälle, että väliin laitetaan tiiviste. (Lapti 2017.)

Ikkunoille sekä ulko-oville lähtötiedoissa on annettu U-arvot. Ikkunat asennetaan elementtitehtaalla, joten saadaan hyvissä olosuhteissa ikkunat asennettua. Ulko-ovet asennetaan työmaalla myöhemmin.

Yläpohjan eristepaksuus on yhteensä 420 mm kivivillaa. Yläpohjaan tulee ainoastaan kivivillaa puhallettuna. Ullakkorakenne on tuulettuva sekä katon räystäällä on käytössä tuulenohjaimet. (Lapti 2017.)

Yläpohjan eristeen alla on höyrynsulku. Höyrynsulku on limitetty vähintään 200 mm sekä kaikki saumat teipataan. Höyrynsulun alla on yksinkertainen kipsilevytyks. (Lapti 2017.)



Kuva 21. Päiväkotijoen yläpohjarakenne (Lapti 2017.).

Rakennuksen ilmatiiveys huolehditaan höyrynsulkumuovin avulla. Höyrynsulku kierretään ulkoseinissä sekä yläpohjassa. Kaikki saumat teipataan, jotta ilmatiiveys säilyy. Höyrynsulku viedään pintalaatan alle vähintään 100mm sekä teipataan radonhuopaan kiinni. (Lapti 2017.)

4.3.3 LV-järjestelmät

Päiväkoti Joensuussa on käytössä kaukolämpö. Pintabetonilattiassa kulkee vesikiertoiset lattialämmityspotket. Kaukolämmön avulla lattialämmityspotkissa kierrätettävä vesi saadaan lämpimäksi. Huoneissa on termostaatit, joista voidaan säätää huonekohtaisia lämpötiloja. (Lapti 2017.)

Rakennuksessa ei ole käytössä erillistä viilennyslaitetta. Rakennuksen ilmamäärien avulla saadaan huonelämpötilat tarpeeksi alhaisiksi kesällä, ettei viilennyslaitetta tarvitse. Lähtötiedoissa on mainittu ilmamäärät, joiden avulla saadaan lämpötila kohdilleen. (Lapti 2017.)

Lämpimän käyttöveden kierto- ja jakojohdon yhteispituus on 105 m sekä eristyspaksuus on 1,5 kertainen putken halkaisijaan nähden. Kiertopumpun tehoksi on ilmoitettu 80 W. Lämpimän käyttöveden jakelun hyötysuhde on tässäkin 97 %. (Lapti 2017.)

4.3.4 IV-järjestelmät

Rakennuksessa on käytössä kolme ilmanvaihtokonetta. Kolme ilmanvaihtokonetta hoitaa koko päiväkodin ilmanvaihdon. Ilmanvaihtokoneet säädetään, että jokaisen huoneen ilmanvaihto vastaa suunnitelmia. (Lapti 2017.)

Jokainen ilmanvaihtokone on samanlainen. Ilmanvaihtokoneina toimivat kolme kappaletta Kair ECoCounter 3285 ilmastointikonetta. Jokainen kone kuitenkin säädetään erilaisin säädöin. (Lapti 2017.)

Ilmanvaihtojärjestelmän LTO on yhteensä 65 %. Ominais sähköteho SFP-luku on koko järjestelmälle 1,8 kW/(m³/s). (Lapti 2017.)

Ilmanvaihtokoneissa on käytössä hiilidioksidi anturit, jotka mittaavat hiilidioksidipitoisuutta. Antureiden avulla voidaan seurata, kuinka hiilidioksidipitoisuus kehittyy, jos tarvitsee lisäilmanvaihtoa. (Lapti 2017.)

4.3.5 Sähkölaitteet

Sähköpääkeskuksen pääsulakkeen koko rakennuksessa on 160 A. Pääsulakkeen tulee katkaista koko rakennuksen ja siihen liittyvien rakenteiden sähköenergiankäyttö. (Lapti 2017.)

Valaistuksen tehona lähtötiedoissa on annettu 9,5 W/m². Kohteeseen on valaisinluettelon mukaan määritetty enimmäkseen loisteputkilamppuja. Muutamia LED-lamppuja on kohteessa käytössä. (Lapti 2017.)

4.3.6 Automaatio-järjestelmät

Päiväkodit eroavat palvelutaloista hieman automaation suhteen. LVI-tekniikkaan liittyvät automaatiot ilmanvaihtoon liittyvien säätöjen automaatiot sekä kaukolämmön automaatio on päiväkodeissakin. (Lapti 2017.)

Päiväkodeissa ei kuitenkaan ole kulunvalvontaan liittyvää automaatiota. Palopeltejä ei kohteessa ole. (Lapti 2017.)

Lähtötiedot ovat koottu taulukkoon yhteenvedona. Palvelukoti Kemiönsaaren yhteenve-
totaulukko esitetty taulukossa 8.

Taulukko 8. Joensuun ratkaisuiden yhteenvetotaulukko.

Päiväkoti Joensuu		
Rakenne / kohde	Pinta-ala (m ²)	U-arvo (W/(m ² K))
Lämmitetty nettoala	724,5	-
Ulkoseinät	318,4	0,16
Yläpohja	671,1	0,09
Alapohja	671,1	0,14
Ikkunat	92,4	1,00
Ikkunat	9,7	1,00
Tilavuus	2640 m ³	-
Ilmanvuotoluku q ₅₀	-	2,00 m ³ /(h m ²)
Henkilökuorma	Käyttöaste 60 %	14,0 W/m ²
Kuluttajalaitteet	Käyttöaste 60 %	8,0 W/m ²
Talotekniikka		
Kaukolämpö		
Vesikiertoinen lattialämmitys		
Kierto- ja jakojohdon pituus 105 m		
Kierto- ja jakojohdon eristystaso 1,5x		
Kiertopumpun ottoteho 80 W		
SFP-luku 1,8 kW/(m ³ s)		
IV-koneessa jälkilämmityspatteri		
IV LTO 65%		
Valaistuksen teho 9,5 W/m ²		
Valaistuksen käyttöaste 0,6		
Lämmin käyttövesi 188 dm ³ /(m ² a), lämmitysenergian tarve 11 kWh/(m ² a)		
E-luku (2012)	-	139 kWh/(m ² a)

4.4 Nykyisten ratkaisuiden toimivuus uusiin määräyksiin nähden sekä havaittavat ongelmat

Uusien energiamääräyksiä luonnoksissa on annettu E-luvuille eriävät arvot kuin nykyisissä energiamääräyksissä. Suoraan vanhojen energiamääräyksiä E-lukuja ei voida suhteuttaa uusien energiamääräyksiä luonnoksiin. Kertoimien avulla voidaan laskea nykyisille ratkaisuille uudet E-luvut. Toimenpiteitä rakennuksien ratkaisuille tarvitsee luultavammin tehdä, jotta saadaan rakennuksista seuraavien energiamääräyksiä mukainen.

Palvelutaloissa oli uusien energiamääräyksiä luonnosten mukaan vaatimuksena vähintään E-luvuksi $160 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2\text{a})$. Päiväkotien kohdalla vähimmäisvaatimuksena on E-luvuksi $100 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2\text{a})$.

Case-kohteista voidaan huomata, että palvelutalot eivät tule täyttämään E-luku vaatimuksia, jos energiamääräyksiä luonnokset toteutuvat sellaisenaan. Palvelutaloilla uudet E-luvat ovat Heinolan kohteessa noin $162 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2\text{a})$ sekä Kemiönsaaren kohteessa noin $170 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2\text{a})$. Päiväkoti Joensuun uusi E-luku noin $100 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2\text{a})$ olisi täsmälleen uusien energiamääräysten vähimmäisvaatimukset täyttävä.

Tyypillisissä palvelukodeissa täytyy parantaa E-lukua noin $2\text{--}15 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2\text{a})$. Päiväkodeissa puhutaan pienistä parannuksista, jotta päästään uusien energiamääräysten mukaisiin arvoihin. Päiväkodeissa luultavasti täytyy parantaa noin $5 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2\text{a})$, jotta tyypillinen päiväkoti olisi uusien energiatehokkuustavoitteiden mukainen.

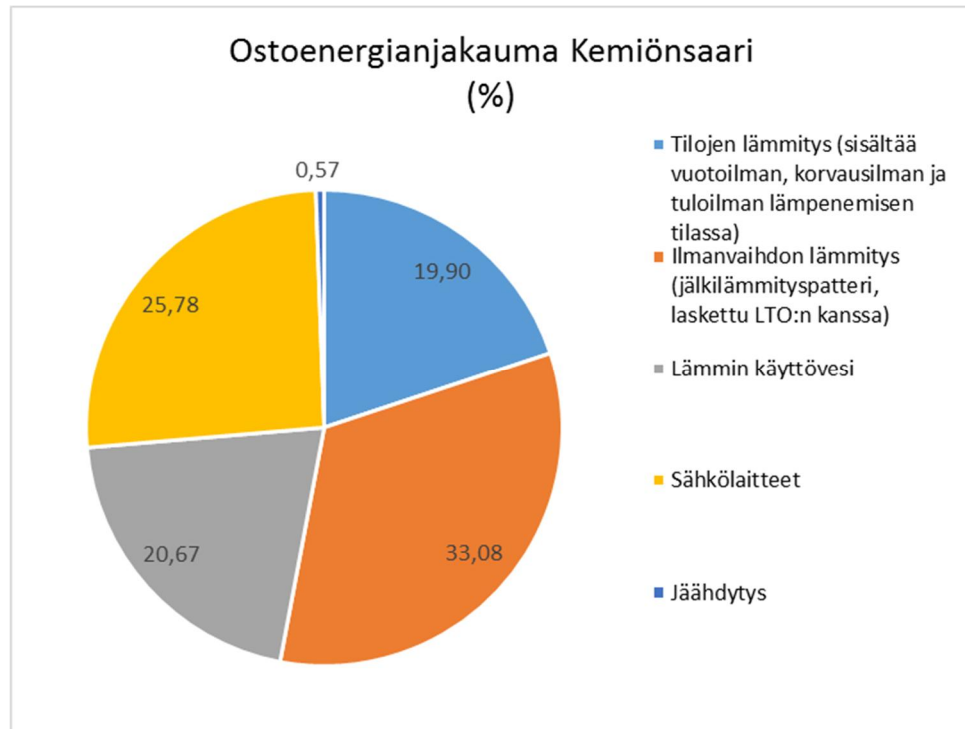
Ongelmat palvelukodeissa liittyvät hyvin pitkälle rakenteisiin sekä tekniikkaan. Esimerkiksi lähes kaikki rakenteet ovat vuoden 2012 energiamääräyksiä mukaisesti suunniteltu. Päiväkodeissa on havaittavissa samanlaista ongelmaa.

Lämmöntalteenotto voisi olla paremmalla vuosihyötysuhteella. Lämmöntalteenoton vuosihyötysuhdetta tulisi parantaa, että voidaan hyödyntää paremmin rakennuksesta poistuva lämpö. Lämmöntalteenottoa tulisi parantaa, että laskennallinen vuosihyötysuhde olisi vähintään noin 80%.

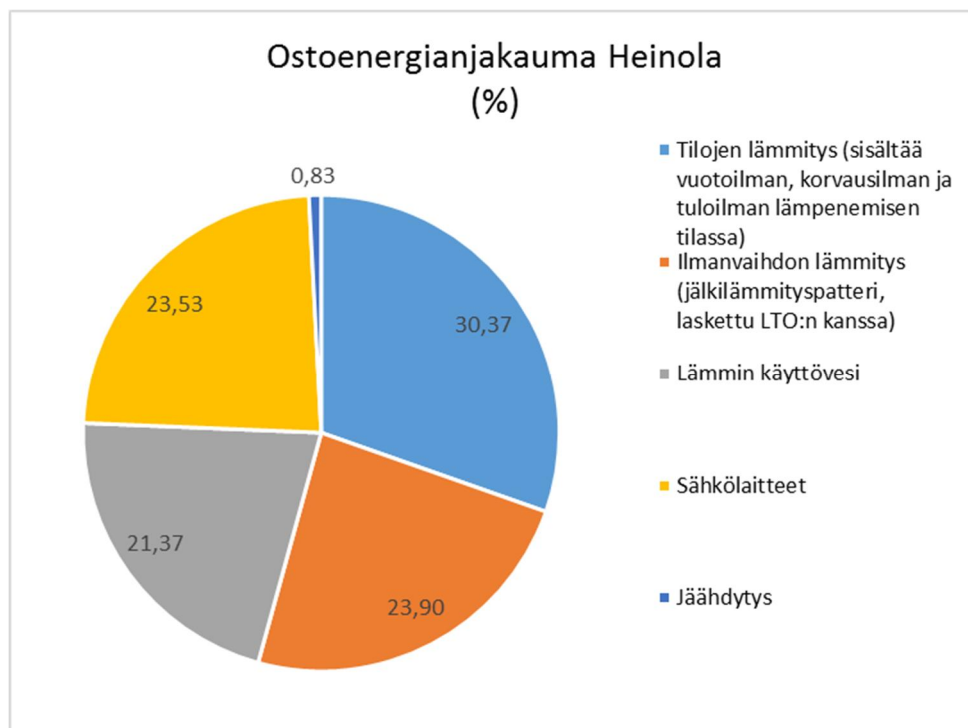
Lämpöhäviöt ovat laskettu eri rakenneosille, kun energiaselvitys on laadittu. Lämpöhäviöitä tapahtuu eniten alapohjan kautta. Alapohjan jälkeen eniten lämpöhäviötä tapahtuu ikkunoissa, yläpohjassa, ulkoseinissä, kylmäsilloissa sekä vähiten ulko-ovien kohdalla. (Lapti 2017.)

Rakennuksien valaistus laitetaan kytkimellä kiinni sekä päälle. Liiketunnistimella toimiva valaistus voisi olla yksi mahdollinen vaihtoehtoinen ratkaisu valaistukselle. Tunnistimilla varustetut valaisimet vähentäisi turhaa sähkönkulutusta, kun valaisimet sammuisivat itsestään ja menisivät päälle tarvittaessa.

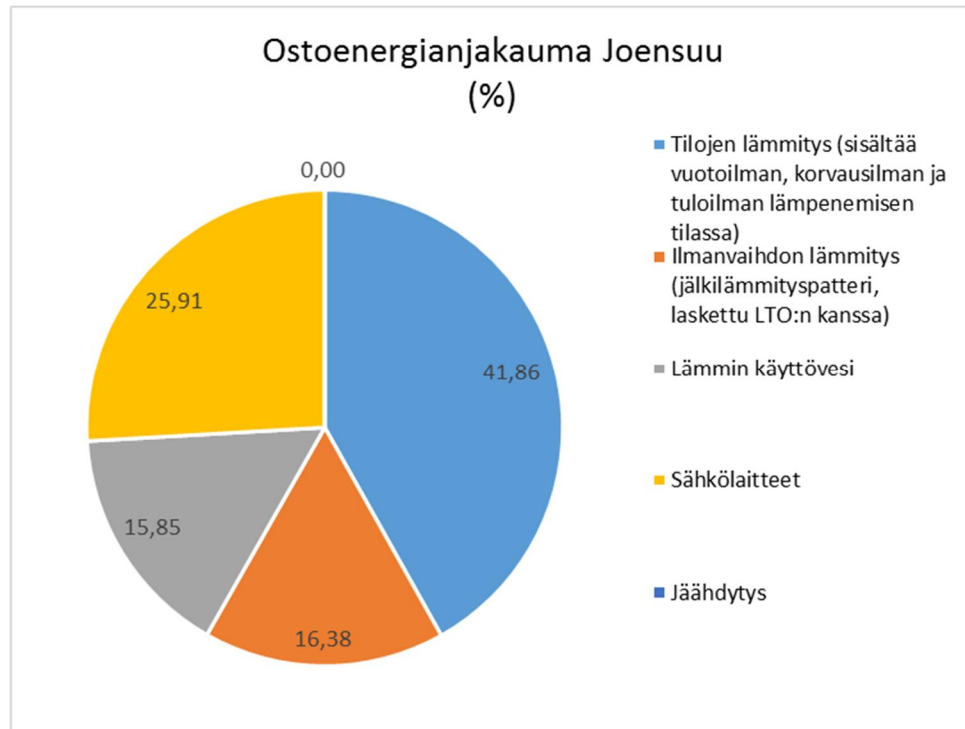
Case-kohteiden ostoenergianjakaumat ovat havainnollistettu. Ostoenergianjakaumista voidaan nähdä, mitä energiaa ostetaan eniten rakennukseen.



Kuva 22. Ostoenergianjakauma Kemiönsaaren kohteessa (Lapti 2017.).



Kuva 23. Ostoenergianjakauma Heinolan kohteessa (Lapti 2017.).



Kuva 24. Ostoenergianjakauma Joensuun kohteessa (Lapti 2017.).

5. HAASTATTELUT

Haastattelut suoritettiin eri osa-alueiden asiantuntijoilta. Kyseltiin mielipiteitä, kuinka voisi hänen mielestään parantaa nykyisien ratkaisuiden energiatehokkuutta ja onko se mahdollisesti kannattavaa parantaa.

Jokainen asiantuntija on tehnyt paljon Rakennusliike Laptille erilaisia suunnitelmia tai laskelmia. Asiantuntijat tuntevat nykyiset rakenteet todella hyvin, joten asetelmat haastatteluihin ovat hyvät.

Jokaiselle asiantuntijalle kehitettiin oma haastattelupohja, jonka avulla kyseltiin mielipiteitä. Lomakkeiden pohjat löytyvät liitteistä A – D.

5.1 Rakennesuunnittelija

Haastateltavaksi rakennesuunnittelijaksi valittiin rakennesuunnittelija Jaakko Palola. Palola työskentelee suunnitteluyrityksessä Ins- ja Ark-toimisto Oy Palola & Piispanen. Jaakko Palola on suunnittelut kaikkien case-kohteiden rakenteet.

Ensimmäisenä asiana Palolta kysyttiin, missä järjestyksessä hän lähtisi parantamaan Rakennusliike Lapti:n hoiva-rakennusten rakenneosia. Palola asetti seuraavan järjestyksen parannuksille:

1. ikkunat
2. alapohja
3. ulkoseinät
4. yläpohja
5. ulko-ovet

Palola kuitenkin toteaa, että hän ei parantaisi rakenteiden U-arvoja ollenkaan. Palola pohti rakennusfysikaalisia ongelmia, jos eristepaksuuksia lähdetään parantamaan, että onko rakenteita tutkittu tarpeeksi. Yläpohjan lisäeristykseen hän mietti, että lisäeristäminen voisi olla huonokin asia käytännössä. Kun yläpohjan eristyskerrosta lisättäisiin, eriste painuu kasaan, joka johtaa konvektioon. Toisaalta myös liika lämpö kesällä joudutaan jäähdyttämään, joka kasvattaa rakennuksen jäähdyttämisen energiankulutusta. Varjostus täytyisi huomioida myös arkkitehtisuunnittelussa lisäeristyksien vuoksi.

Ikkunoiden osalta Palola otti kantaa ikkunoiden huurtumiseen, jos ikkunoita parannettaisiin. Palola kertoo, että ensimmäisissä ”paremmissa” ikkunoissa oli ongelmaa huurtumisen kanssa. Nykyään on kehitetty huurtumattomia ikkunoita, mutta niiden toimivuudesta Palola ei osannut kertoa.

Palolan mukaan kylmäsiltoja kannattaisi aina pyrkiä välttämään. Palola mainitsi, että puu-rakennuksissa tulee aina kylmäsilta rakennuksen nurkkaan. Tehokkain tapa torjua kylmä-silta on asentaa tuulensuojavilla. Toisaalta tuulensuojavillassa voi olla ongelmia taloudel-lisella puolella. Elementtien valmistus hankaloituu sekä esimerkiksi katoksen kiinnitys seinään hankaloituu.

Nykyään hoiva-rakennuksissa ilmanvuotoluku q_{50} vaihtelee välillä 1,0 – 2,0. Palola pa-rantaisi tätä lukua siten, että luku olisi enintään 1,0. Palola toteaakin, että rakennusten tiiveys olisi yksi parhaita paikkoja parantaa energiatehokkuutta. Muita hyviä paikkoja energiatehokkuuden parantamiseen olisi ilmanvaihto, ikkunat sekä liitosten huolellinen toteutus.

Palola toteaa, että arkkitehtisuunnittelulla voisi poistaa liian lämmön ikkunoista esimer-kiksi varjostuksella. Palola myös miettii, että lämmitystavalla on aina merkitystä energia-tehokkuuteen.

Lopuksi Palolaa pyydettiin kokoamaan kokonaisuus rakenneosien U-arvoista, jotta se olisi mahdollisimman hyvä hoiva-rakennuksille. Palola vastasi seuraavasti (rakenneosa ja U-arvo):

- ulkoseinät 0,16
- yläpohja 0,09
- alapohja 0,14
- ikkunat 0,80
- ulko-ovet 1,00
- vaipan tiiveys q_{50} 0,80 ($\text{m}^3/(\text{m}^2\text{h})$).

5.2 LVI-suunnittelija

LVI-suunnittelun puolelta haastateltavaksi valittiin Nuotek Oy:n LVI-suunnittelija Mikko Pentti. Pentti on jokaisen case-kohteen LVI-suunnittelijana toiminut.

Mikko Pentin mielestä nykyinen vesikiertoinen lattialämmitys on myös jatkossa hyvä rat-kaisu hoiva-rakennuksille. Pentti pohti, että vesikiertoisessa lattialämmityksessä on hy-vänä puolena menoveden alhainen lämpötila, jonka vuoksi vesikiertoinen lattialämmitys soveltuu hyvin esimerkiksi lämpöpumppujärjestelmiin. Järjestelmän hyötysuhde saadaan optimoitua hyvälle tasolle.

Lämpimän käyttöveden osalta Pentti pohti aurinkokeräimien asentamista hoiva-raken-nusten katolle. Pentti myös ilmoitti, että käyttöveden kulutuksen täytyisi olla suuri, jotta olisi takaisinmaksuaika kohtuullinen. Jos kohteessa olisi maalämpöpumppu sekä vähäi-nen käyttöveden kulutus, on takaisinmaksuaika jo liian pitkä.

Pentin mielestä nykyisen ilmanvaihtokoneen vuosihyötysuhde on myös järkevällä tasolla. Nykyinen ilmanvaihtojärjestelmä toimii vastavirtakennoilla, jonka vuosihyötysuhde on

noin 70...74 %. Pyörivällä kennolla toimiva ilmanvaihtojärjestelmä voisi saavuttaa noin 80 %, jos toteutetaan hyvä järjestelmä. Pentti antoi esimerkin, jos vastavirtatekniikalla toimivan koneen vuosihyötysuhdetta lähdetään kasvattamaan, kennon sisäinen lämpötila laskee. Lämpötilan laskun vuoksi aiheutuu jäätämistä, jonka vuoksi tarvitaan etulämmitystä, joka kuluttaa taas energiaa.

Pentti on sitä mieltä, että pyöriväkennoista ilmastointikoneita pitäisi sallia erilaisiin kohteisiin. Nykyisiin määräyksiin on rajattu, että vain pieni osa poistoilmasta saa olla likaista, joka rajoittaa huomattavasti käyttökohteita. Pentti huomauttaa, ettei hajujen siirtymistä haitallisin määrin tapahdu, jos poistoilmanlaatu ei ole todella huonolaatuista.

Ilmanvaihtokoneiden SFP-luku on Pentin mukaan hyvällä tasolla. SFP-lukua ei hänen mielestään tarvitse laskea, kun nykyiset ilmanvaihtokoneet ovat tasoa 1,2...1,7.

Pentin mielestä ilmastoinnin ohjauksella voisi olla suurin potentiaali säästää energiankulutuksessa. Nykyisin ilmanvaihtokoneet käyvät päivällä täydellä teholla sekä yöllä mahdollisesti hieman pienemmällä. Pentin mielestä tilakohtaisella sekä ilmalaatuohjauksella saataisiin säästettyä energiaa isommissa kohteissa huomattavasti.

Pentti sanoo, että arkkitehtuurilla on suuri vaikutus jäähdytyksen tarpeeseen. Pentin mielestä lattaviilennystä ei olla kokeiltu riittävän paljon. Pentti näkee suuren potentiaalin lattaviilennyksessä, kun infrastruktuuri kyseiselle järjestelmälle olisi jo valmiiksi olemassa, ainoastaan täytyisi rakentaa yksikkö syöttämään viilennystä lattiaputkistoon.

Tuloilmaa kannattaisi myös viilentää Pentin mielestä. Kohteesta riippuen, että miten ilmastointikoneen oma integroitu viilennysjärjestelmä riittäisi, jotta järjestelmä olisi kustannustehokas. Isommissa rakennuksissa tarvitaan omat vesijäähdytinlaitteistot sekä isommat jäähdytystehot, jolloin ilmastointikoneen oma integroitu viilennys ei ole riittävä.

Rakennusautomaatio on keskeinen väline energiatehokkuuden parantamisessa LVI-tekniikan puolella Pentin mielestä. Pentti mainitsi, että esimerkiksi läsnäolo-ohjauksien sekä ilmanlaatuohjauksen avulla saadaan energiatehokkuutta parannettua.

Lopuksi Pentti ehdotti, missä järjestyksessä LVI-järjestelmiä kannattaisi lähteä parantamaan. Ensimmäisenä Pentti lähtisi parantamaan rakennusautomaatiota sekä tarpeenmukaista ohjausta. Toisena Pentti pohti aurinkopaneeleita katolle tuottamaan sähköä rakennukselle. Kolmantena Pentti kiristäisi vuosihyötysuhteita ja muita hyötysuhteita, jotta saataisiin enemmän irti järjestelmistä.

5.3 Sähkösuunnittelija

Sähkösuunnittelun näkökulmia tiedusteltiin KT Sähkön puolelta sähkösuunnittelija Kari Tanskaa. Case-kohteista Tanska ei ollut suunnitellut Joensuun päiväkotia, mutta Palvelukoti Heinolan sekä Kemiönsaaren on Tanska suunnitellut.

Tanskan mielestä päiväkotien valaistus on hyvällä tasolla yleisesti Rakennusliike Laptin kohteissa, joten niitä Tanska ei muuttaisi mitenkään. Palvelukotien kohdalla Tanska on sitä mieltä, että valaistus on liiankin moderni nykyään. Tanska toteaa kuitenkin, että asiakkaat ovat vaativia, eikä niitä kovin paljoa voi huonontaa.

Tanska nostaisi nykyisen lux tason korkeammalle tasolle sekä muuttaisi ohjausta yksinkertaisemmaksi. Energiatehokkaan valaistuksen Tanska toteuttaisi LED ratkaisulla, jossa huomioidaan tasosäädöt.

Tanska luopuisi kytkimistä hoiva-rakennuksissa. Tanska on sitä mieltä, että kytkimien käyttö on vanhanaikaista sekä kalliimpaa, kun hyvin ryhmitelty läsnäolotunnistin ohjaus.

Sähkösuunnittelijan näkökulmasta Tanska mietti läsnäolotunnistimia yhtenä energiansäästökohtana. Tanska myös mainitsi, että ilmanvaihtokoneissa voitaisiin käyttää päälämmönlähteen lämpöenergiaa esi- ja jälkilämmityksissä. Tanska näkee, että päälämmönlähteen lämpöenergian hyödyntäminen on tulevaisuutta.

Automaatio on Tanskan mukaan säädetty todella energiatehokkaaksi sähköjärjestelmien osalta. Tanska mietti, että automaatiosta on aina apua, kun halutaan parantaa energiatehokkuutta.

Tanskan mukaan pihavalojen tyyppiä kannattaisi muuttaa LED-lampuiksi, kun halutaan lähestyä uusia energiamääräyksiä. Toisaalta Tanska tuumii, että myös IV lämmitykset tulisi toteuttaa vesipatterilla.

Lopuksi Tanskalta kyseltiin mielipidettä sähkötehon suunnittelusta (huipun leikkaus, yöaikainen pohjateho, kuorman ohjaus ym.), että kuinka tärkeää se on. Tanska toteaa tähän, että säästöä syntyy ehkä 10 % – 30 % verran sähköliittymän hinnassa. Tanska huomauttaa, että suunnittelukustannukset nousevat, jos sähkötehon suunnittelua tehdään.

5.4 Insinööritoimisto Vesitaito

Energialaskennan puolelta haastateltiin näkökulmia Insinööritoimisto Vesitaito Oy:n suunnittelujohtajalta Alma Koivulta. Insinööritoimisto Vesitaito on laskenut jokaiselle case-kohteelle energialaskelmat.

Koivun mielestä Rakennusliike Laptin hoiva-rakennuskohteissa ovat rakenteet hyvällä tasolla U-arvoiltaan. Rakenneosien parantaminen ei tuo kovin paljoa parannusta E-lukuun. Koivu toteaa, että mitä tahansa rakenneosaa parantamalla saadaan muutaman yksikön verran E-lukua paremmaksi.

Lämmitysmuodoista Koivu nosti parhaaksi maalämmön energialaskennan kannalta. Toiseksi parhaaksi Koivu nimeää kaukolämmön ja kolmanneksi ilma-vesilämpöpumpun. Lämmitysjärjestelmien kustannuksiin Koivu ei ottanut kantaa.

Kohteissa jossa on monta eri rakennusta, mutta yksi sama lämmönlähde, olisi hyvä kiinnittää erityishuomiota lämmönjakoputkiin. Koivun mielestä tällöin kannattaisi maassa kulkevien putkistojen olla mahdollisimman energiatehokkaita sekä kulkea mahdollisimman lyhyttä reittiä lämmönjakopaikalle. Tällöin saadaan yhdestä lämmönlähteestä mahdollisimman paljon irti.

Käyttövesijärjestelmästä nykyiseen energialaskentaan vaikuttavia tekijöitä ovat ainoastaan kiertojohdon pituus, putkien eristystaso sekä kiertopumpun ottoteho. Hyvä eristys, mahdollisimman lyhyt kiertojohto sekä pienempi kiertopumpun ottoteho ovat parantavia tekijöitä. Koivu miettii, että uudet energiamääräykset tulevat ehkä ottamaan huomioon käyttöveden kulutuksen rajoittamisen, kuten paineenalennusventtiilit.

Energialaskennan kannalta ilmastointia voisi parantaa ilmastointikoneiden vuosihyötysuhdetta kasvattamalla sekä pienentämällä puhaltimien ominaissähkötehoa. Koivu kuitenkin lisää, että ilmastointikoneen sekä puhaltimien ominaissähkötehon osalta ollaan melko hyvällä tasolla. Toisena vaihtoehtona Koivu miettii ilmanvaihdon tarpeenmukaista ohjausta. Ilmanvaihdon tarpeenmukaisessa ohjauksessa ilmaa ei lämmitetä eikä puhalleta tiloihin niin paljoa, kun sille ei ole tarvetta. Koneellinen poistoilma olisi hyvä mennä aina lämmöntalteenoton kautta energialaskennan kannalta. Koivu kuitenkin muistuttaa, että muutoksia ilmanvaihtoon tehdessä, pitää aina muistaa asukas- ja käyttäjämukavuus.

Valaistukseen energialaskennan mukaan aina kannattaa laittaa vähän sähkökuluttava valaisimet. Valaistuksen sekä lämmityksen ja ilmanvaihdon apulaitteiden sähköenergiankulutus vaikuttaa suoraan energialaskennassa E-lukuun.

Energialaskennan kannalta tarpeenmukainen ohjaus vaikuttaa positiivisesti energialaskelmiin. Tarpeenmukainen ohjaus voisi ainakin ilmanvaihdossa sekä valaistuksessa parantaa energiatehokkuutta. Koivu kuitenkin mainitsee, että käyttäjäystävällisyyteen hän ei osaa ottaa kantaa, mutta sitä kannattaa aina miettiä, kun tekee muutoksia.

Koivu painottaa, että parannuskeinot rakennuksille laaditaan eri suunnittelijoiden kanssa yhteistyössä. Koivu sanoo, että kaikki vastaukset liittyvät energialaskentaan. Energialaskentaa sitovat energiamääräykset. Koivu toteaa, että jos halutaan optimoida energiatehokkuutta, lasketaan tällöin tavoite-energiankulutusta. Tavoite-energiakulutus laskennassa lasketaan tarkemmilla tiedoilla laitteista, käyttöajoista, ihmiskuormista ym. Tavoite-energiakulutuksen laskennan avulla saadaan käytönaikaisia energiamääriä pienennettyä tehokkaimmin, toteaa Koivu lopuksi.

6. ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMISEN VAIHTOEHDOT

Haastattelujen sekä kirjallisuuden pohjalta haetaan parannusvaihtoehtoja rakenteille ja järjestelmille energiasäästön kannalta. Parannusvaihtoehtojen taloudellista kannattavuutta vielä tässä luvussa ei tarkastella.

Rakenteiden sekä järjestelmien toteutusta ei juurikaan tarkastella. Pohditaan mahdollisesti ongelmakohtia tai etuja, mitä ratkaisulla voisi olla. Kaikkia ratkaisuita ei välttämättä oteta mukaan taloudelliseen tarkasteluun tietojen puutteellisuuden vuoksi tai käytännön vuoksi.

6.1 Rakenteelliset vaihtoehdot

Rakenteellisia parannusvaihtoehtoja on muutamia erilaisia. Parannusvaihtoehdot liittyvät lähinnä rakenteiden U-arvojen sekä ilmatiiveyden parantamiseen. Nykyiset tyypilliset ratkaisut ovat annettu tarkemmin luvussa 4.

Alapohjat ovat nykyään tyypillisesti U-arvoltaan 0,15. Rakennesuunnittelijan kyselyssä kävi kuitenkin ilmi, ettei rakennesuunnittelija muuttaisi U-arvoja rakenteille. Rakennesuunnittelija oli huolissaan rakenteiden rakennusfysikaalisesta toiminnasta. Toisaalta passiivitasen alapohjarakenteen U-arvo on 0,10 (Rakentaja.fi 2013.). Energiakonsultti myös oli kriittinen rakenteiden U-arvojen parantamiseen. Parantamisella saataisiin vain vähän parannusta E-lukuun.

Yläpohjat ovat nykyään tyypillisesti U-arvoltaan 0,09. Kuten alapohjarakenteen kanssa, rakennesuunnittelija sekä energiakonsultti eivät lähtisi parantamaan rakenteiden U-arvoja. Passiivitasen yläpohjarakenne olisi 0,07 (Rakentaja.fi 2013.).

Ulkoseinien U-arvot ovat nykyään tyypillisesti 0,16. Passiivirakenteinen ulkoseinä rakenne olisi U-arvoltaan 0,09 (Rakentaja.fi 2013.).

Ikkunat ovat U-arvoltaan 1,00 nykyisin. Rakennesuunnittelijan kyselyssä kävi ilmi, että rakennesuunnittelija vaihtaisi ikkunat U-arvoltaan parempiin. Kyselyssä rakennesuunnittelija antoi parannetuksi U-arvoksi 0,80. Huurtumisesta rakennesuunnittelija pohti, että nykyään on huurtumattomia ikkunoita, mutta ei osannut sanoa toimivatko huurtumattomat ikkunat hyvin. Huurtumattomia ikkunoita ikkunanvalmistajat tarjoavat valikoimissaan. Huurtumattomassa ikkunassa ulommaisin ikkunalasi päällystetään huurtumista estävällä aineella (Pihla 2017.).

Ulko-ovia rakennesuunnittelija sekä energiakonsultti eivät lähtisi muuttamaan nykyisestä. U-arvo nykyään on 1,00 tyypillisesti ulko-ovissa. Ulko-ovia voi parantaa U-arvoltaan, jotta energiahäviötä tapahtuisi vähemmän ulko-ovien kautta.

Ilmatiiveys q_{50} on nykyään yleisesti 1,50 – 2,00 välillä eri kohteissa. Ilmantiiveyttä olisi hyvä parantaa, että kaikki kohteet olisivat noin 1,00. Ilmantiiveyttä voidaan parantaa, kun höyrynsulku laitetaan huolellisemmin tiiviimmäksi sekä kaikki liitokset ja sauma kohdat tiivistetään kunnolla.

Kylmäsilat voidaan tehdä tuulensuojavilloituksella paremmaksi. Haastatteluiden perusteella rakenteiden asentamisen kanssa voi syntyä ongelmia, jos kylmäsiltoja poistetaan tuulensuojavillalla. Kylmäsiltoja tulisi aina välttää, mutta joskus kylmäsiltojen poistaminen voi tuoda vain enemmän kustannuksia rakennukselle.

Liitokset tulee asentaa tiiviiksi, ettei lämmöneriste pääse katkeamaan liitoskohdissa. Liitoskohdissa elementtien höyrynsulku katkeaa, joka työmaalla tiivistetään. Ilmantiiveyden kannalta liitoskohtien höyrynsulkuteippaukset pitää suorittaa huolellisesti. Liitoksien kohdalta höyrynsulkuteippaus tulee tarkastaa tarkkaan, jotta höyrynsulku ei jää rypylle tai höyrynsulkuteippi on kunnolla teipattuna höyrynsulkuun.

6.2 Talotekniikan vaihtoehdot

Kyselyjen perusteella lämmitysjärjestelmissä ei ole kovin paljoa parannettavaa. Kyselyjen perusteella kaukolämpö on edelleen hyvä ratkaisu. Energiakonsultti mainitsi, että maalämpö olisi paras ratkaisu energialuvun kannalta.

Maalämpöä ei kuitenkaan diplomityössä ei tarkastella. Pohdintaan otetaan huomioon maalämpöjärjestelmän mahdollisuudet.

6.2.1 LVI

Vesikiertoinen lattialämmitys olisi hyvä ratkaisu kyselyjen perusteella edelleen. Vaihtoehtoinen ratkaisu voisi olla esimerkiksi vesikiertoinen patterijärjestelmä.

Kiertopumpusta sekä kiertojohdosta saatiin kyselyjen perusteella erilaisia tekijöitä, jotka parantavat energiatehokkuutta. Kiertojohdon pituus vaikuttaa energiatehokkuuteen. Kiertojohdon siis tulisi olla mahdollisimman lyhyt energiatehokkuuden kannalta. Toisena kiertojohdon eristys on energiatehokkuuteen vaikuttava tekijä. Kiertopumpulla itsellä tulisi olla mahdollisimman energiatehokas sekä vähän energiaa kuluttava. Toisaalta liika eristys voi olla haittana kesäaikaan, kun huoneistoja tulisi viilentää.

Lämpimään käyttöveteen liittyen LVI-suunnittelija ehdotti aurinkokeräimiä katolle, mutta aurinkokeräimet otetaan esille myöhemmin. Käyttövesien putkien eristystä voisi

kasvattaa, jolloin lämpöhäviö on pienempi. Paroc tarjoaa putkien valmiskourueristyskiä 30 – 100 mm paksuuksilla. (Paroc 2017.)

Lämmöntalteenottoa jätevedestä on esitetty mahdollisuudeksi. Hoiva-rakennuksissa on käytössä yksiviemärintijärjestelmä. Yksiviemärintijärjestelmässä kaikki viemärivesi kulkee yhdessä putkessa eikä olla eroteltu kahteen eri putkeen. Jätevedet ohjataan LTO:n läpi, joka kerää lämmön talteen jätevedestä. Ecowec-hybridivaihtimella luvataan LTO:n olevan jopa vuosihyötysuhteeltaan 70 %. (Wasenco 2017.) Olosuhteet täytyy olla todella hyvät, jotta 70 % vuosihyötysuhde saavutetaan.

Ilmanvaihtokoneen LTO on energiakonsultin sekä LVI-suunnittelijan mukaan hyvällä tasolla. Nykyinen tasavirtakennotekniikalla toimiva ilmastointilaitteen vuosihyötysuhde 70 – 74 % on hyvä, ettei ongelmia vielä synny. Toisaalta pyöriväkennotekniikalla toimiva ilmastointilaitte voisi saavuttaa 80 % vuosihyötysuhteen järkevästi. Pitää muistaa, että poistoilmasta saa vain pieni osa olla likaista. Jos suurempi osa saisi olla likaista poistoilmaa, energiatehokkuus paranisi ilmastointilaitteiden LTO:n osalta.

Ilmastointilaitteen SFP-luku on hyvällä tasolla ollessaan yleisesti 1,2 – 1,7 kW/(m³/s) välillä. Energiatehokkuuden kannalta pienempi SFP-luku olisi parempi. Nykyinen vertailuarvo on 2,0 kW/(m³/s).

Ilmastoinnin ohjauksella on potentiaalia olla todella merkittävä parannus energiatehokkuuteen. Tarpeenmukaisella ilmastoinnilla tilakohtaisesti voidaan säästää todella merkittävästi. Nykyään ilmanvaihtokoneet käyvät täydellä teholla, joten ohjauksella saadaan helposti energiatehokkuutta parannettua. Ilmastoinnin ohjauksessa täytyy muistaa, että asumismukavuus ei saa heikentyä.

Lattiaviilennys on yksi mahdollisuus jäähdytysjärjestelmäksi. Lattialämmitysputkiston vuoksi lattiaviilennys olisi yksi hyvä mahdollisuus jäähdytykseen. Lattiaviilennys tarvitsee vain asentaa oman koneiston, joka pyörittää viileämpää vettä lattialämmitysputkistossa. Ongelmaksi herää, että tuntuuko lattia lattiaviilennyksen vuoksi epämukavan kylmältä. Lattiaviilennykseen täytyy ottaa mukaan kaukojäähdytys, jotta viileää vettä saadaan pumpattua putkistoon. Vaihtoehtoisena viileän veden lähteenä voisi toimia maalämpöpumppu.

Tuloilman viilennys on yksi hyödyllinen järjestelmä myös. Ilmastointikoneen oma lauhdutin yksikkö voi riittää joissakin kohteissa viilennykseen. Päiväkodit ovat yleisesti pienempiä kohteita, jolloin ilmastointikoneeseen integroitu jäähdytysjärjestelmä voisi olla riittävä. Isommissa kohteissa tarvitaan omat vesijäähdytinlaitteistot sekä isommat jäähdytystehot.

6.2.2 Sähkö ja automaatio

Sähkön säästön kannalta olisi aina parempi valita vähän sähköä kuluttava laite. Sähkön säästön perusteella ei voida valita sähkölaitteita, kun sähkölaitteilla täytyy täyttää tietyt kriteerit, että järjestelmä toimii ilman ongelmia. Sähkölaitteiden tarkempi mitoitus on yksi mahdollisuus, jotta saadaan sähkölaitteet mahdollisimman energiatehokkaiksi. Sähkölaitteiden tarkalla mitoituksella saadaan ylimääräinen teho pois, jota todellisuudessa ei välttämättä tarvitsisi.

Valaistus on hyvällä tasolla hoiva-rakennuksissa nykyään. Lux taso olisi mahdollista nostaa korkeammalle tasolla sekä ohjaus voisi olla jopa yksinkertaisempi. Valaistuksen osalta energiatehokas valaistus voitaisiin toteuttaa LED-valaisimilla. Valaistus säädettäisiin tasosäädöllä tilakohtaisesti riittäväksi.

Haastatteluissa kävi ilmi, että läsnäolotunnistimella toimiva valaistus olisi halvempaa toteuttaa kuin perinteisellä kytkimellä toimiva valaistus. Energiatehokkuuden kannalta läsnäolotunnistimella toimiva valaistus olisikin parannus energiatehokkuuteen. Lamput jäävät helposti päälle tiloihin, jos ihmisillä on tarkoitus siirtyä takaisin tiloihin myöhemmin. Läsnäolotunnistimella ohjauksella saataisiin turhaa sähkön kulutusta pois. Palvelutaloissa asuinhuoneiden asuintiloihin ei voida asentaa läsnäolotunnistimella toimivaa valaistusta, mutta asuinhuoneiden WC tilat voidaan toteuttaa läsnäolotunnistimella toimivalla valaistuksella. Toisaalta läsnäolotunnistimella toimiva valaistus pitäisi olla riittävän hyvä tunnistamaan ihmisen. Vanhukset palvelutaloissa eivät yleisesti liikehdi suuresti, joten läsnäolotunnistin ei välttämättä osaa tunnistaa vanhusta tiloissa.

Pihavalauksessa tulisi käyttää LED-lamppuja, kun halutaan energiatehokkuutta parantaa. Pihavalauistus tulisikin varustaa hämäräkytkimellä, liiketunnistimella tai molemmilla. Hämäräkytkimellä voidaan määrittää, mikä on alin lux taso, milloin valot syttyvät päälle (Omataloyhtiö 2012.). Pelkkä hämäräkytkin riittäisi, jos halutaan esimerkiksi valaista hämärän aikaan jatkuvasti jotain aluetta, jolloin liikehännällä ei haluta vaikuttaa valaistuksen syttymiseen. Toisaalta alueet, jota ei haluta jatkuvasti valaistavan turhaan, olisi hyvä toteuttaa liiketunnistimella sekä hämärärajakytkimellä. Toisaalta pihavalauksen parannus ei vaikuta E-lukuun.

Automaatiolla voidaan yleisesti parantaa rakennuksien energiatehokkuutta. Ilmastoinnin ohjauksella voidaan saada hyviä energiatehokkuuden parannuksia. Automaation avulla ilmastointia voitaisiin ohjailla, ettei ilmastointikone olisi päällä jatkuvasti täydellä teholla. Sisäilmanlaatu paranee, kun käytetään ilmastoinnin ohjausta tiloissa, jossa henkilömäärä vaihtelee paljon. Hiilidioksidiohjaus tunnistaa tilakohtaisella hiilidioksidianturin avulla, kun tilaan saapuu tai tilasta poistuu ihmisiä. Automaation avulla ilmanvaihto voi kasvaa portaattomasti aina koneen raja-arvoihin saakka. Hiljaisempina hetkinä mm. päiväkodeissa viikonloppuna ilmastointikone käy hiljaisemmalla, kun ilmanvaihdolle ei ole

niin suurta tarvetta. (Vallox 2017.) Palvelutaloissa hiilidioksidilla toimiva ilmastoinnin-ohjaus voisi olla energiatehokas ratkaisu, jotta ylimääräinen ilmastoinnin käynti saadaan vähennettyä.

Lämpötilaa olisi hyvä säädellä automaation avulla tilakohtaisesti. Kesällä aurinko voi lämmittää joitain tiloja enemmän kuin toisia, joten osat tiloista voivat olla lämpimämpiä kuin toiset. Talvella lämmitys on tärkeää, jotta on tarpeeksi lämpöä. Kesällä jäähdytys on tärkeää mukavuuden kannalta.

Tunnistimella toimivat hanat voisivat olla yksi parannus energiatehokkuuteen. Tunnistimella toimivat hanat voisivat säästää käyttövetä, kun hanat eivät jää turhaan päälle.

Kiinteistön energiakulutusta sekä sähkötehoa olisi hyvä seurata. Energiankulutuksen seuraamisella saadaan selville epäkohtia. Epäkohtia tarkastelemalla voidaan parantaa kiinteistön energiatehokkuutta seuraaviin kohteisiin sekä korjata epäkohdat nykyisissä kiinteistöissä. Energiaseurannasta onkin uusien energiamääräysten luonnoksissa mainittu, että se olisi pakollista olla.

6.3 Energiantuottojärjestelmät

Aurinkopaneelit tuottavat sähköä kiinteistöön, kun auringon säde osuu paneeliin. Aurinkopaneelit voidaan asentaa esimerkiksi rakennuksen katolle. Auringon energia vuodessa on noin 1000 kWh/m² Etelä-Suomessa. Auringosta saatava sähköenergia vuodessa parhaimmillaan voi olla noin 150 kWh/m²_{paneeli}. (RT-38827 2016.)

Aurinkopaneeleissa täytyy muistaa, että kaikkiin ilmansuuntiin ei paista yhtä paljon aurinko. Etelään päin suunnatut paneelit tuottavat eniten sähköä, kun pohjoiseen suunnatut tuottavat vähiten. Asennuskulmalla on myös suuri merkitys, kuinka auringon säteet osuvat paneeliin. (RT-38827 2016.)

Aurinkopaneeleita löytyy erilaisia malleja. Yleisin tehoalue aurinkopaneeleille on 250 – 280 Wp. Wp tarkoittaa nimellistä huipputehoa. (RT-38827 2016.)

Rakennuksen vesikaton pinta-ala sekä rakennuksen muoto määrittelevät osaksi, että kuinka paljon aurinkopaneeleita voidaan asentaa. Etelään suunnattu kattopinta on otollisin aurinkopaneeleille, mutta myös muihin ilmansuuntiin suuntautuviin kattopintoihin voidaan asentaa aurinkopaneeleita.

Toisaalta ei ehkä ole järkevää asentaa kattoon täyteen aurinkopaneeleita. Aurinkopaneeleita hankkiessa pitää muistaa miettiä sähkökulutus, kuinka paljon haluaa tuottoa aurinkopaneeleista. Aurinkopaneelit tuottavat eri vuodenaikoina sekä päiväsaikaan eri lailla, joten se pitää osata huomioida aurinkopaneeleita hankkiessa. Aurinkopaneelit tulisi mitoitaa siten, että tuotettua sähköä ei tarvitsisi myydä vaan kiinteistö itse käyttäisi kaiken tuotetun sähköenergian eli energiantuotto pitää optimoida. (RT-38827 2016.)

Aurinkokeräimet toimivat auringolla saatavasta energiasta aurinkopaneeleiden lailla. Aurinkokeräimillä tuotetaan lämpöä rakennukseen. Aurinkokeräimiä voi olla eri tyyppisiä, jotka toimivat eri lailla; tyhjiöputki sekä tasokeräin. Hyvin suunniteltu sekä toteutettu aurinkolämpöjärjestelmä voi tuottaa 50 % lämpimän käyttöveden sekä noin 15 – 30 % rakennuksen lämmitykseen kuluva energiasta. Aurinkokeräimillä voidaan saada energiaa tuotettua vuodessa noin 300 – 500 kWh/m²_{keräin}. (RT-38827 2016.)

Aurinkolämpö ei voi olla pääasiallinen lämmönlähde rakennukselle. Aurinkolämpöjärjestelmä toimii lisälämmityksenä pääasiallisen lämmönlähteen ohella. Aurinkolämpö voidaan yhdistää kaikkiin olemassa oleviin lämmitysjärjestelmiin. (RT-38827 2016.)

Vesikaton suuntaus sekä pinta-ala vaikuttavat, kuinka paljon voidaan asentaa aurinkokeräimiä. Aurinkokeräimissä on samat säännöt kuin aurinkopaneeleissa, miten on paras asentaa, jotta saadaan mahdollisimman hyvä hyöty järjestelmästä rakennukseen. (RT-38827 2016.)

Aurinkokeräimet voisi olla ratkaisu, jos lämmintä käyttövettä kuluu kiinteistössä paljon. Aurinkokeräimien avulla tässä tapauksessa voidaan säästää todella paljon käyttöveden lämmityksessä. Aurinkokeräimien tuotto pitää optimoida, jotta saadaan aurinkolämmitysjärjestelmästä paras hyöty irti. (RT-38827 2016.)

Aurinkoenergiajärjestelmissä pitää muistaa, että rakennuksen kulutus vaihtelee sekä aurinkopaneelien tuottoteho vaihtelee voimakkaasti. Toisaalta ei aina ole kannattavaa suunnata aurinkopaneeleita optimaaliseen suuntaa. Aurinkojärjestelmää suunnitellessa pitää miettiä, miten saadaan aurinkoenergia tuotettua, jotta saadaan kaikki energia käytettyä rakennukseen.

7. PARANNUSVAIHTOEHTOJEN TALOUDELLINEN TARKASTELU

Taloustarkastelut toteutettiin kolmelle case-kohteille. Talouden kirjallisuuskatsauksesta hyödynnettiin talouslaskentaa parannusvaihtoehtoille.

Lattiajäähdytystä ei otettu mukaan talouslaskelmiin puutteellisten tietojen vuoksi. Aurinkolämpöä ei otettu laskentaan mukaan Joensuun päiväkotikohteeseen. Päiväkodeissa on niin suuri vaihtelu, milloin rakennusta käytetään. Käytön vuoksi aurinkolämpöä ei nähty järkeväksi asentaa päiväkoteihin.

Sähkön hinta sekä kaukolämmön hinta saatiin tilastokeskuksen sivuilta. Sähkön hinnaksi saatiin 1/2015 – 12/2016 tilastojen keskiarvolla 10,83 snt/kWh, johon kuuluu siirrot sekä perusmaksut. Rakennustyyppiksi valittiin 20 – 499 kWh/a kuluttava rakennustyyppi T6. Kaukolämmön hinnaksi tilastokeskuksen sivuilta saatiin 2009 ja 2010 vuoden tilastojen perusteella 57,50 €/MWh. Hinnat määritettiin noin 5000 m³ tilavuudeltaan olevan rakennuksen mukaisesti. Kaukolämmön hinnoista ei ollut tarjolla uudempia hintoja. (Tilastokeskus 2017.)

Energian hinnan reaalin korko oletettiin olevan noin 2 %. Laskentakorkona käytettiin 4 % reaalikorkoa.

Tarkasteluajanjaksoksi otettiin 20 vuotta. Tarkasteluajanjakso tarkoittaa aikaa, kuinka pitkän ajan toimenpidettä tarkastellaan. Toimenpide ei välttämättä lopu heti, kun tarkastelu aika päättyy. Toimenpide voi toimia aina rakennuksen elinkaaren loppuun saakka. Tarkasteluajanjaksolla tarkastellaan, kuinka toimenpide toimii tietyllä ajanjaksolla.

Energialaskelmat tehtiin laskelmallisesti energialaskurilla. Energialaskuriin syötettiin ensiksi lähtötiedot, miten rakennus on suunniteltu. Lähtötietojen syötön jälkeen parannusvaihtoehtoja lähdettiin muuttamaan lähtötietoihin, jolloin saatiin laskennallisen energiankulutuksen erotus näkyviin.

Investoinnin tehokkuusluvulla (€/kWh_E) voidaan tarkastella, kuinka paljon tarvitsee investoida (€/m²), jotta saadaan E-lukua yhden yksikön (kWh_E/m²) verran paremmaksi. Investoinnin tehokkuudella voidaan tarkastella, miten investoinnit voi tehdä, että saadaan E-lukua parannettua mahdollisimman tehokkaasti. Mitä suurempi investoinnin tehokkuusluku on, sitä huonompi tehokkuus investoinnilla on. Tarkastelu voi sopia, jos halutaan investoida parantaakseen pelkästään E-lukua.

Investointikustannukset saatiin Rakennusliike Laptin avulla. Tekniikan investointikustannuksia kysyttiin Rakennusliike Laptin tytäryhtiöltä Nuotek Oy:lta. Nuotek Oy toteuttaa suurimman osan Rakennusliike Laptin kohteista LVIAS asennuksiltaan sekä suunnittelultaan.

Kokonaiskustannukset talouslaskelmissa tarkoittaa 4 % reaalikorolla laskettua nettonykyarvoa. Kokonaiskustannuksiin on otettu huomioon investointikustannus, käyttö- ja kunnossapitokustannukset, energiakustannukset sekä jäännösarvo. Miinusmerkkinen kokonaiskustannus tarkoittaa, että tuotto on suurempi kuin 4 % reaalin tuotto.

7.1 Rakennetekniikka

Rakenteista paras vaihtoehto parannukselle ovat ikkunoiden U-arvon parannus. Kokonaiskustannukset ikkunoiden parannukselle on alhaisimmat kaikissa case-kohteissa. Investoinnin tehokkuus palvelutaloissa on noin 1,4 sekä päiväkodissa samat 1,4.

Ulkoseinien parannus on jokaisessa case-kohteessa huono kokonaiskustannuksiltaan. Kemiönsaaren sekä Joensuun kohteissa ulkoseinien kokonaiskustannukset ovat todella huonot, kun säästöjä ei synny tarkasteluajana. Heinolan kohteessa ulkoseinien parannus toisi hieman säästöjä tarkasteluajan aikana. Investoinnin tehokkuus palvelukodeissa on Kemiönsaarella 4,0 sekä Heinolassa 2,6 ja päiväkodin investoinnin tehokkuus on 4,1.

Yläpohjan parannus on molemmissa palvelukodeissa sekä päiväkodissa kokonaiskustannuksiltaan noin $(-1,4) - (-1,5) \text{ €/m}^2$. Investoinnin tehokkuus palvelutaloissa on 1,9 sekä päiväkodissa 2,0.

Alapohjan rakenne vaihtelee jokaisessa case-kohteessa. Palvelukoti Kemiönsaarella kokonaiskustannukset ovat $-0,85 \text{ €/m}^2$. Kemiönsaaren kohteessa alapohjarakenne oli huonoin U-arvoltaan. Heinolassa sekä Joensuussa kokonaiskustannuksien mukaan toimenpide ei ehdi maksamaan itseään takaisin tarkastelujakson aikana. Investoinnin tehokkuus Kemiönsaaren kohteessa on 2,5 sekä Heinolassa 1,5. Päiväkoti Joensuussa investoinnin tehokkuus on 3,9.

Palvelukoti Heinolassa ilmanvuotoluku oli parempi kuin 1,00, joten palvelukoti Heinolasta jätettiin ilmanvuotoluvun taloustarkastelut pois. Palvelukoti Kemiönsaarella kokonaiskustannukset ovat $-1,08 \text{ €/m}^2$ sekä päiväkotia Joensuussa ilmanvuotoluvun parannus ei kerkeä maksamaan itseään takaisin tarkastelujakson aikana. Investoinnin tehokkuus palvelukoti Kemiönsaaren kohteessa on 4,2 sekä päiväkotia Joensuun kohteessa 3,6.

Parannusvaihtoehtoja rakenteista olisi hyvä tehdä. Rakenteiden osalta seuraavat ratkaisut olisi hyvä tehdä:

- ikkunoiden parannus
- yläpohjan parannus.

Ilmanvuotolukua kannattaa lähteä parantamaan palvelukodeissa, vaikka kokonaiskustannukset ovat huonot. Ilmanvuotoluvun investointi on suhteellisen pieni rakennuksen kokonaiskustannuksiin nähden. Tyypillisen päiväkodin ilmanvuotoluvun parannus on suurempi investointi kokonaiskustannuksiin nähden. Päiväkodin ilmanvuotoluvun parannus tulisikin miettiä tapauskohtaisesti.

Ikkunoiden sekä yläpohjan parannus ovat kokonaiskustannuksiltaan parhaat parannusvaihtoehdot rakenteellisista ratkaisuista. Investoinnin tehokkuus ikkunoissa ylittää alle 1,5, joka on rakenteellisista ratkaisuista paras.

Toisaalta yläpohjan, alapohjan sekä ulkoseinien parannukset ovat huonoja vaihtoehtoja. Näiden rakenteiden parantaminen saattaa myös tuoda muita ongelmia rakennukselle.

Taulukko 9. Rakenteiden parannusvaihtoehtojen kokonaiskustannukset sekä investointien tehokkuudet palvelukodeissa. Vihreällä on merkitty kokonaiskustannukset, joiden tuotot ovat suurempia kuin reaalin 4 % tuotto. Punaisella merkityt kokonaiskustannuksien tuotot ovat pienempiä kuin reaalin 4 % tuotto.

Palvelukodit Kemiönsaari / Heinola	Kokonaiskustannukset €/m ²	Investoinnin tehokkuus (€/m ²)/E-luku
Ikkunat U=0,80	2,63 / 2,80	1,4 / 1,3
Ilmanvuotoluku q50=1,00	1,08 / -	4,2 / -
Ulkoseinät U=0,14	1,15 / 0,19	4,0 / 2,6
Yläpohja U=0,07	1,51 / 1,58	1,9 / 1,9
Alapohja U=0,13	0,85 / 0,90	2,5 / 1,5

Taulukko 10. Rakenteiden parannusvaihtoehtojen kokonaiskustannukset sekä investointien tehokkuudet tyypillisessä päiväkodissa. Vihreällä on merkitty kokonaiskustannukset, joiden tuotot ovat suurempia kuin reaalin 4 % tuotto. Punaisella merkityt kokonaiskustannuksien tuotot ovat pienempiä kuin reaalin 4 % tuotto.

Päiväkodit	Kokonaiskustannukset €/m ²	Investoinnin tehokkuus (€/m ²)/E-luku
Ikkunat U=0,80	3,36	1,4
Ilmanvuotoluku q50=1,00	1,49	3,6
Ulkoseinät U=0,14	1,03	4,1
Yläpohja U=0,07	1,37	2,0
Alapohja U=0,13	0,59	3,9

7.2 Talotekniikka

Talotekniikan puolelta hyviä parannusvaihtoja taloudellisesti on paljon. Ilmastointikoneen parannus lämmöntalteenoton puolelta on jokaisessa kohteessa todella hyvä. Palve-

lukodeissa kokonaiskustannukset (reaalisella 4 % laskentakorolla) ilmastointikoneen parannukselle ovat Kemiönsaarella noin -28 €/m² sekä Heinolassa noin -24 €/m². Päiväkoti Joensuussa lämmöntalteenoton parannus on hieman heikompi, mutta sen kokonaiskustannukset ovat myös kuitenkin noin -11 €/m², joka on hyvien rajojen sisällä. Investointien tehokkuudet ovat palvelukodeissa 0,5 sekä päiväkodissa 1,8.

Tarpeenmukainen ilmanvaihto on jo toteutettu päiväkodeissa yleisesti hiilidioksidiantureiden avulla. Päiväkoti Joensuussa ei siis laskettu tarpeenmukaiselle ilmastoinnille talouslaskelmia. Palvelukodeissa tarpeenmukainen ilmastointi näyttäisi talouslaskelmien kautta hyvältä vaihtoehdolta. Kemiönsaaren kohteessa kokonaiskustannukset ovat noin -13 €/m² sekä Heinolan kohteessa noin -10 €/m². Investoinnin tehokkuus on palvelukodeissa 1,1 – 1,2.

Valaistuksen parannus on kaikissa kohteissa kannattava. Kokonaiskustannukset palvelukodeissa ovat Kemiönsaarella noin -2,4 €/m² sekä Heinolassa noin -2,6 €/m². Päiväkoti Joensuussa kokonaiskustannukset ovat noin -2,2 €/m². Investoinnin tehokkuus on palvelukodeissa 0,4 – 0,3 sekä päiväkodissa 0,5.

Tarpeenmukainen valaistus läsnäolotunnistimilla toteutettuna on talouslaskelmien perusteella yllättävän heikko. Kokonaiskustannukset palvelukodeissa ovat Kemiönsaarella -0,35 €/m² sekä Heinolassa -1,00 €/m². Päiväkoti Joensuussa kokonaiskustannukset ovat jopa 0,64 €/m². Investointintehokkuudeltaan palvelukodit ovat Kemiönsaarella 0,7 sekä Heinolassa 0,5 ja päiväkotiki Joensuussa 1,1.

Talotekniikan puolelta talouslaskelmien perusteella lähes kaikki parannusvaihtoehdot ovat hyviä. Ainoastaan tarpeenmukainen valaistus on kokonaiskustannuksiltaan heikompi. Joensuussa tarpeenmukainen valaistus ei ehdi maksaa itseään takaisin kokonaiskustannuksien mukaan.

Taulukko 11. Talotekniikan parannusvaihtoehtojen kokonaiskustannukset sekä investoinnin tehokkuudet palvelukodeissa. Vihreällä on merkitty kokonaiskustannukset, joiden tuotot ovat suurempia kuin reaalin 4 % tuotto. Punaisella merkityt kokonaiskustannuksien tuotot ovat pienempiä kuin reaalin 4 % tuotto.

Palvelukodit Kemiönsaari / Heinola	Kokonaiskustannukset €/m ²	Investoinnin tehokkuus (€/m ²)/E-luku
LTO vuosihyötysuhde 70% > 80%	27,98 / 23,61	0,5 / 0,5
Tarpeenmukainen ilmanvaihto	12,96 / 9,88	1,1 / 1,2
Tarpeenmukainen valaistus	0,35 / 1,00	0,7 / 0,5
LED valaistus (sisä ja ulos)	2,43 / 2,55	0,4 / 0,3

Taulukko 12. Talotekniikan parannusvaihtoehtojen kokonaiskustannukset sekä investoinnin tehokkuudet tyypillisessä päiväkodissa. Vihreällä on merkitty kokonaiskustannukset, joiden tuotot ovat suurempia kuin reaalinen 4 % tuotto. Punaisella merkityt kokonaiskustannuksien tuotot ovat pienempiä kuin reaalinen 4 % tuotto.

Päiväkodit	Kokonaiskustannukset €/m ²	Investoinnin tehokkuus (€/m ²)/E-luku
LTO vuosihyötysuhde 70% > 80%	11,29	1,8
Tarpeenmukainen ilmanvaihto	-	-
Tarpeenmukainen valaistus	0,64	1,1
LED valaistus (sisä ja ulos)	6,5	0,5

7.3 Energiantuotanto

Energiatuotantojärjestelmät aurinkosähkö sekä -lämpö tarkasteltiin case-kohteisiin. Aurinkolämpöä ei päiväkotiiin kuitenkaan otettu mukaan. Rakennustyyppin käyttöaika on rajoitettu sekä kesällä vedenkulutus on huomattavasti pienempi kesällä, kun tuottoa tapahtuu eniten.

Aurinkosähköjärjestelmän koko määritettiin, että järjestelmä tuottaa palvelukodeissa 14 MWh/a sekä päiväkodissa 9 MWh/a. Kokonaiskustannukset jokaisella case-kohteella ovat huonot. Palvelukoti Kemiönsaarella kokonaiskustannukset aurinkopaneeleille ovat 14 €/m² sekä palvelukoti Heinolassa noin 10 €/m². Päiväkoti Joensuussa kokonaiskustannukset ovat noin 17 €/m². Aurinkopaneelien valmistajat lupaavatkin yleisesti, että aurinkopaneelit vielä toimivat 80 % teholla alkuperäisestä vielä 25 vuoden päästä asennuksesta. Investointitehokkuus palvelutaloissa on 1,6 sekä päiväkodissa sama 1,6.

Aurinkolämpöjärjestelmästä otettiin 10m² kokoinen järjestelmä tarkasteluun. Kokonaiskustannukset aurinkolämpöjärjestelmälle Kemiönsaareen ovat noin 6 €/m² sekä Heinolaan noin 5 €/m². Investoinnin tehokkuus molemmissa kohteissa on 7,4. Järjestelmä ei pääse maksamaan itseään takaisin koskaan, kun järjestelmä täytyy uusien ennen kuin tuottoa tapahtuu tarpeeksi.

Taulukko 13. Aurinkosähkön sekä -lämmön kokonaiskustannukset sekä investoinnin tehokkuus palvelukodeissa. Vihreällä on merkitty kokonaiskustannukset, joiden tuotot ovat suurempia kuin reaalinen 4 % tuotto. Punaisella merkityt kokonaiskustannuksien tuotot ovat pienempiä kuin reaalinen 4 % tuotto.

Palvelukodit Kemiönsaari / Heinola	Kokonaiskustannukset €/m ²	Investoinnin tehokkuus (€/m ²)/E-luku
Aurinkosähkö 14 MWh	14,26 / 10,34	1,6 / 1,6
Aurinkolämpö 10m ²	6,42 / 4,67	7,4 / 7,4

Taulukko 14. Aurinkosähkön sekä -lämmön kokonaiskustannukset sekä investoinnin tehokkuus tyypillisessä päiväkodissa. Vihreällä on merkitty kokonaiskustannukset, joiden tuotot ovat suurempia kuin reaalinen 4 % tuotto. Punaisella merkityt kokonaiskustannuksien tuotot ovat pienempiä kuin reaalinen 4 % tuotto.

Päiväkodit	Kokonaiskustannukset €/m ²	Investoinnin tehokkuus (€/m ²)/E-luku
Aurinkosähkö 9 MWh	16,8	1,6

8. KOLME VAIHTOEHTOISTA PAKETTIRATKAI-SUA

Taloustarkastelujen perusteella sekä muiden tietojen perusteella kootaan kolme erilaista pakettiratkaisuita. Taulukoissa käytetyt korot sekä muut asiat ovat selostettu luvussa 7. Pakettiratkaisut ovat energiatehokkuudeltaan sekä kannattavuudeltaan erilaisia. Pakettiratkaisuita vertaillaan lopuksi keskenään.

Pakettiratkaisut luodaan case-kohteiden perusteella. Case-kohteina oli valittu kohteita, jotka ovat tyypillisiä ratkaisuita hoiva-rakennuksille. Pakettiratkaisut pätevät palvelukodeille sekä päiväkodeille.

8.1 Rakentamisen aikaiset kustannukset alhaisimmat

Ensimmäinen paketti muodostuu, kun rakentamisen aikaiset kustannukset ovat alhaisimmat. Ensimmäisessä paketissa uudet energiamääräykset täyttyvät, mutta ylimääräisiä toimenpiteitä pakettiin ei ole juurikaan otettu mukaan.

Ensimmäinen paketin parannukset ovat koottu seuraavaan taulukkoon 15.

Taulukko 15. *Rakentamisen aikaiset kustannukset alhaisimmat -paketin toimenpiteet.*

Rakentamisen aikaiset kustannukset alhaisimmat -paketti	
Palvelutalo	Päiväkoti
Perusratkaisu	Perusratkaisu
Ikkunat U=0,80	Ikkunat U=0,80
LTO vuosihyötysuhde 70% > 80%	LED-valaistus (sisä ja ulos)
LED-valaistus (sisä ja ulos)	Vakiopaineventtiili
Vakiopaineventtiili	Energianseuranta laitteisto
Energianseuranta laitteisto	

Taulukko 16. Rakentamisen aikaiset kustannukset alhaisimmat -paketin kustannukset case-kohteille.

Rakennusaikaiset kustannukset alhaisimmat	Kokonais- kustannukset €/m ²	Vaikutus E- lukuun kWh/m ²	Takaisin- maksuaika a	Investoinnin tehokkuus (€/m ²)/E- luku
Palvelukoti Kemiönsaari	-33,0	-19,0	4,6	0,6
Palvelukoti Heinola	-29,0	-16,0	4,4	0,6
Päiväkoti Joensuu	-9,9	-4,6	9,4	0,9

Pakettiin on otettu mukaan vakiopaineventtiili. Vakiopaineventtiilin investointikustannus on noin 500 euroa. Uusien energiamääräyksien luonnoksien mukaan vakiopaineventtiilin avulla voidaan saada E-lukuun -15 % käyttöveden energiankulutuksesta. Vakipaineventtiiliä ei olla otettu talouslaskelmiin, koska kyseessä on pieni investointi sekä ei ole täysin varmaa, että toteutuuko uusien energiamääräyksien luonnokset. Vakipaineventtiili on kannattavaa asentaa aina kohteeseen, vaikkei E-lukuun hyötyä siitä saisikaan.

Päiväkodin kohdalla investoinnit ovat kokonaiskustannuksiltaan huonohkoja, jos verrataan palvelukotien ratkaisuihin, mutta päiväkotiin tulee myös vähiten investointikustannuksia. Investoinnit ovat kuitenkin pieniä summia koko rakennuksen kustannuksiin nähden. Ratkaisut tuovat energiatehokkuutta rakennukselle, että ne ovat järkeviä toteuttaa.

Päiväkodit ovat kuitenkin hyvin likellä uusien energiamääräyksien rajoja. Jos halutaan minimoida täysin parannuksien investoinnit, tällöin pelkästään vakiopaineventtiilin lisäys rakennukseen saattaa riittää uusien energiamääräyksien raja-arvoihin. Toimenpide vaatii uusien energiamääräyksien luonnosten toteutumista, jotta hyöty saadaan E-lukuun.

Paketti vaatii aina tapauskohtaista tarkastelua kohteeseen. Palvelutaloissa pakettiratkaisu menee uusien energiamääräyksien E-luvun raja-arvojen sisäpuolelle. Jos paketti ei riitä kohteeseen, voi tarpeenmukaisella ilmastoinnilla saada uusien energiamääräyksien E-lukua laskettua noin 10 – 15 kWh_E/m².

8.2 Energiatehokas ratkaisu

Toinen paketti on energiatehokas paketti. Pakettiin otetaan energiatehokkaat ratkaisut mukaan, jotta saadaan energiatehokas kokonaisuus rakennukselle. Paketin investointikustannukset kasvavat ensimmäiseen pakettiin verrattuna sekä kokonaiskustannukset vähenvät jokaisen ratkaisun myötä.

Toisen paketin toimenpiteet ovat koottu seuraavaan taulukkoon 17.

Taulukko 17. *Energiatehokkaan paketin toimenpiteet.*

Energiatehokas paketti	
Palvelutalo	Päiväkoti
Perusratkaisu	Perusratkaisu
Ikkunat U=0,80	Ikkunat U=0,80
LTO vuosihyötysuhde 70% > 80%	LED-valaistus (sisä ja ulos)
LED-valaistus (sisä ja ulos)	Vakiopaineventtiili
Vakiopaineventtiili	Energianseuranta laitteisto
Energianseuranta laitteisto	Tarpeenmukainen valaistus
Ilmanvuotoluku enintään 1,00	Yläpohjan U=0,07
Tarpeenmukainen ilmanvaihto	
Tarpeenmukainen valaistus	
Yläpohjan U=0,07	

Taulukko 18. *Energiatehokkaan paketin kustannukset case-kohteille.*

Energiatehokas paketti	Kokonais- kustannukset €/m ²	Vaikutus E- lukuun kWh/m ²	Takaisin- maksuaika a	Investoinnin tehokkuus (€/m ²)/E- luku
Palvelukoti Kemiönsaari	-48,9	-37,9	7,8	1,0
Palvelukoti Heinola	-41,4	-29,8	6,8	0,9
Päiväkoti Joensuu	-11,2	-6,3	11,1	1,2

Paketista voidaan nähdä, että E-lukua saadaan laskettua todella paljon. Energiatehokkaalla paketilla voidaan päästä jo lähelle hyvää energiatehokkuusluokkaa. Paketti on kannattava toteuttaa, kun kokonaiskustannukset ovat hyviä.

Energiatehokas paketti olisi aina hyvä toteuttaa, kun rakennus rakennetaan itselle käyttöön. Kun rakennusliike tarjoaa kohdetta, olisi hyvä tilaajalle esitellä energiatehokas ratkaisu. Tilaaja voisi haluta energiatehokkaan ratkaisun pienellä ylimääräisellä investoinnilla.

8.3 Taloudellinen kannattavuus huonoin, mutta paras energiansäästö

Kolmas paketti on energiatehokas paketti, johon on lisätty energiantuotanto mukaan. Kolmannen paketin kannattavuus on heikoin paketeista, mutta energiansäästöiltään paras. Kokonaiskustannukset nousevat paketissa muihin paketteihin verrattuna.

Kolmannen paketin toimenpiteet ovat koottu taulukkoon 19.

Taulukko 19. *Energiatehokas + energiantuotto pakettin toimenpiteet.*

Energiatehokas + energiantuotto paketti	
Palvelutalo	Päiväkoti
Perusratkaisu	Perusratkaisu
Ikkunat U=0,80	Ikkunat U=0,80
LTO vuosihyötysuhde 70% > 80%	LED-valaistus (sisä ja ulos)
LED-valaistus (sisä ja ulos)	Vakiopaineventtiili
Vakiopaineventtiili	Energianseuranta laitteisto
Energianseuranta laitteisto	Tarpeenmukainen valaistus
Ilmanvuotoluku enintään 1,00	Yläpohjan U=0,07
Tarpeenmukainen ilmanvaihto	Aurinkosähkö 9MWh
Tarpeenmukainen valaistus	
Yläpohjan U=0,07	
Aurinkosähkö 14 MWh	

Taulukko 20. *Energiantehokas + energiantuotto pakettin kustannukset case-koh-teille.*

Energiatehokas + energiantuotto paketti	Kokonais- kustannukset €/m ²	Vaikutus E- lukuun kWh/m ²	Takaisin- maksuaika a	Investoinnin tehokkuus (€/m ²)/E- luku
Palvelukoti Kemiönsaari	-33,2	-50,1	9,8	1,1
Palvelukoti Heinola	-29,5	-38,1	8,8	1,0
Päiväkoti Joensuu	6,2	-22,4	31,4	1,5

Investointikustannukset nousevat aurinkosähköjärjestelmän myötä paljon. Kokonaiskustannukset nousevat myös kahteen muuhun pakettiin verrattuna. Vaikutus E-lukuun on paras kuitenkin.

Aurinkosähköjärjestelmän kokonaiskustannukset ovat huonoja itsessään. Aurinkosähkö on kuitenkin vihreää energiaa, jota tulisi suosia, kun mietitään kestävä kehitystä. Kolmas paketti on heille, jotka haluavat panostaa kestäväan kehitykseen.

8.4 Vertailu

Palvelukodeissa sekä päiväkodeissa energiatehokas paketti on paras toteuttaa. Talouslas-
kelmat laskettiin 4 % reaalikorolla. Energiatehokas paketti alentaa kokonaiskustannuksia
investoinniltaan halvimpaan pakettiin verrattuna palvelukodeissa noin 10 – 15 €/m² sekä
tyypillisessä päiväkodissa noin 2 €/m². Investointikustannukset nousevat palvelukodeilla
noin 15 – 20 €/m² sekä tyypillisellä päiväkodilla 4 €/m².

Päiväkodeissa ei tarvitse tehdä suuria parannuksia. Rakennusaikaiset kustannukset alhaimmat -paketissa on otettu enemmän parannuksia, mitä ehkä tarvitsisi. Päiväkodin parannukset voivat jäädä minimaalisiksi, jos tarvitsee parantaa ollenkaan. Energiatehokas paketti olisi hyvä toteuttaa kuitenkin. Tilaajalle kannattaa tarjota energiatehokasta pakettia. Energiatehokas paketti auttaa tulevaisuuden energiamääräyksien kiristyksissä, jolloin päiväkodit eivät tarvitsisi välttämättä energiasaneerauksia niin paljoa.

Kolmannella paketilla kokonaiskustannukset ovat suurimmat. Paketti on kuitenkin energiansäästöiltään paras. Aurinkosähköjärjestelmän sähköntuotto riippuu, kuinka auringon säteet osuvat paneeleihin. Energiantuotto ei ole tasaista, joten saatu energianmäärä voi vaihdella sekä aurinkosähköjärjestelmän mitoittaminen hankaloituu. Energia olisi hyvä käyttää rakennukseen itseensä sillä energian myyminen sähköverkkostoon ei ole kannattavaa.

9. JOHTOPÄÄTÖKSET

9.1 Uudet energiamääräykset

Uudet energiamääräykset astuvat voimaan 1.1.2018. Uusien energiamääräyksien luonnoksien perusteella suurta kiristymistä energiatehokkuustavoitteissa ei tapahdu. Energia-luokkia ei oltu julkaistu uusien energiamääräyksien luonnoksissa, mutta rajat E-luvuille oli luonnosteltu. Uusien energiamääräyksien mukaan palvelukotien E-luku on oltava vähintään 160 kWh/m² sekä päiväkotien E-luvun raja-arvo on 100 kWh/m². Toisaalta uusien energiamääräyksien arvot näyttivät olevan suuria kiristyksiä, mutta tarkastelujen edetessä huomattiin, ettei E-luvun raja-arvot kiristykään paljoa energiamuotokertoimien muutoksien myötä. Fossiilisia energialähteitä käyttävä rakennus kärsii eniten uusista energiamääräyksistä.

Energiamuotokertoimet tippuvat nykyisistä paitsi fossiililla polttoaineilla pysyvät samana. Sähkön energiamuotokerroin laskee eniten 0,50 verran arvosta 1,70 sekä kaukolämmön energiamuotokerroin laskee 0,20 arvosta 0,70. Sähkön kertoimen pienentämisellä haetaan maalämpöpumpuille parempaa kannattavuutta E-luvultaan. Uudet kertoimien myötä maalämpöjärjestelmällä toimivan rakennuksen E-luku laskee paljon.

Hoivarakennuksissa ei ole juurikaan toteutettu maalämpöjärjestelmällä toimivaa lämmitystä. Hoivarakennuksien maalämpöjärjestelmän tarkastelu jätettiin pois diplomityön laajuusongelman vuoksi.

Taulukko 21. *Uusien energiamääräyksien E-luvun raja-arvot hoivarakennuksille*

Rakennustyyppi	E-luvun raja-arvot (kWh/m ²)
Palvelutalot	160
Päiväkodit	100

Taulukko 22. *Energiamuotokertoimien muutos uusissa energiamääräyksissä.*

Energiamuoto	Vanha kerroin	Uusi kerroin	Energiamuotokertoimien muutos
Sähkö	1,70	1,20	-0,5
Kaukolämpö	0,70	0,50	-0,2
Kaukojäähdytys	0,40	0,28	-0,12

9.2 Energiansäästötoimenpiteet

Kannattavuudeltaan rakenteelliset parannukset hoiva-rakennuksiin ovat pääosin huonohkoja. Ikkunat olivat paras rakenteellinen parannus hoiva-rakennuksiin. Toisaalta yläpohjan parannus olisi myös kokonaiskustannuksiltaan kannattava. Yläpohjan parannus voi tuoda tosin muita ongelmia rakennusfysiikan puolella. Ilmanvuotolukua voi parantaa palvelukoteihin kokonaiskustannuksien puolesta. Tyypilliseen päiväkotiin ei kannata ilmanvuotolukua parantaa, kun kokonaiskustannukset nousevat ilmanvuotoluvun parannuksen myötä.

Talotekniikan osalta parannuksia on paljon. Talotekniikan parannukset ilmanvaihdon osalta tuo suurimmat E-luvun parannukset rakennukselle. Ilmanvaihdon parannuksien investoinnit ovat suhteellisen suuria, jos vertailee esimerkiksi valaistuksen parannukseen.

LED-valaistuksen asentaminen on investointitehokkuudeltaan paras vaihtoehto hoiva-rakennuksille. Toisaalta LTO:n parannus palvelutaloissa on investointitehokkuudeltaan sekä kokonaiskustannuksiltaan todella hyvä. Päiväkodeissa LTO:n parannus on kokonaiskustannuksiltaan huono. Kokonaiskustannuksia tarkastellessa LTO:n parantaminen on selvästi paras toimenpide palvelukodeissa. Tyypillisessä päiväkodissa kuitenkin valaistuksen vaihto LED-valaisimiin on kokonaiskustannuksiltaan paras sekä investointitehokkain toimenpide.

Ensimmäinen pakettiratkaisu luotiin, jotta rakennusaikaiset kustannukset olisivat mahdollisimman alhaiset. Rakennusaikaiset kustannukset alhaisimmat -paketti voi olla mahdollisesti vielä pienempi investointi. Vakiopaineventtiili käyttövedelle voi tuoda -15 % parannuksen E-lukuun käyttöveden energiankulutukseen, jos uudet energiamääräykset lopulta pitävät kyseisen kohdan sisällään. Kyseinen pakettiratkaisu tähtää E-luvun raja-arvoon, että rakennus täyttäisi E-luku vaatimukset. LTO:n parannus, LED-valaistus sekä ikkunoiden parannus pelkästään laskevat palvelutalojen E-lukua noin $15 - 20 \text{ kWh}_E/\text{m}^2$. Vakiopaineventtiili sekä energiaseurantalaitteisto ovat muita parannuksia, jotka tulisi tehdä rakennukseen. Vakiopaineventtiili voi laskea E-lukua uusien energiamääräyksen toteutuessa, jolloin pakettia voidaan mahdollisesti pienentää entisestään. Palvelutalojen kokonaiskustannukset laskevat tämän paketin myötä noin 30 €/m^2 .

Päiväkodeissa LTO:n parannusta ei kannata tehdä, joten ikkunoiden sekä LED-valaistus ovat pakettiratkaisun kannattavat toimenpiteet kokonaiskustannuksiltaan sekä investointitehokkuudeltaan. Toisaalta vakiopaineventtiili voi riittää ainoastaan laskemaan E-lukua, jos uudet energiamääräykset toteutuvat sellaisinaan. Päiväkoteihin pakettia voidaan tarkastella erikseen, jos halutaan minimoida kustannuksia, mutta ensimmäinen pakettiratkaisu on hyvä lähtökohta, jotta päästään E-luvun raja-arvojen sisään.

Pakettiratkaisuista olisi hyvä tarjota tilaajalle mahdollisuutta energiatehokkaaseen pakettiin. Jos tilaaja ei halua maksaa energiatehokkaasta paketista, rakennusaikaiset kustannukset alhaisimmat -paketti on toimiva ratkaisu tällöin. Energiatehokkaaseen pakettiin on otettu kaikki toimenpiteet mukaan, jotka laskevat kokonaiskustannuksia. Investoinnin tehokkuutta paketissa ei olla tarkasteltu niin paljoa kuin ensimmäisessä, koska energiatehokkaassa paketissa ei tähdätä E-luvun raja-arvoihin.

Aurinkosähkön sisältävä paketti on hyvä ratkaisu, jos tilaaja vaatii aurinkosähköjärjestelmää kohteeseen. Aurinkosähköjärjestelmä itsessään on huono kokonaiskustannuksiltaan. Vihreää energiaa olisi hyvä käyttää, kun on mahdollista, mutta useimmat yritykset tai ihmiset eivät ole valmiita maksamaan ylimääräistä järjestelmästä, joka nostaa reilusti kokonaiskustannuksia.

Taulukko 23. *Pakettiratkaisut koottu. Taulukkoon on erikseen merkattu, jos toimenpide koskee vain toista rakennustyyppiä.*

Toimenpide	Pakettiratkaisu		
	Rakennusaikaiset kustannukset alhaisimmat	Energiatehokas	Energiatehokas + aurinkosähkö
Ikkunat $U=0,80$	x	x	x
Ilmanvuotoluku $q_{50}=1,00$		x (ei päiväkotiin)	x (ei päiväkotiin)
LTO vuosihyötysuhde 70% > 80%	x (ei päiväkotiin)	x (ei päiväkotiin)	x (ei päiväkotiin)
Tarpeenmukainen ilmanvaihto		x	x
Tarpeenmukainen valaistus		x	x
LED-valaistus (sisä ja ulos)	x	x	x
Aurinkosähkö 14 MWh/a			x
Aurinkolämpö 10m ²			
Ulkoseinät $U=0,14$			
Yläpohja $U=0,07$		x	x
Alapohja $U=0,13$			
Vakiopaineventtiili	x	x	x
Energianseuranta laitteisto	x	x	x

Energiatehokas järjestelmä ei toisaalta toimi pelkästään, että rakennukseen asennetaan järjestelmät. Rakennuksen lopullisella käyttäjällä on suuri vaikutus lopulliseen energiatehokkuuteen. Loppukäyttäjät täytyy perehdyttää järjestelmään, jotta he osaavat käyttää järjestelmää oikein. Energiatehokas järjestelmä ei toimi energiatehokkaasti, jos käyttäjä ei osaa käyttää järjestelmää. Tällöin energiatehokasjärjestelmä menettää hyötynsä.

9.3 Jatkotutkimus

Jatkotutkimuksen voisi tehdä asuntokohteisiin, jotta asuntorakennuksistakin saadaan energiatehokkaita. Asuntorakennusten energiankulutus on erilaista, jolloin energiansäästötoimenpiteet muuttuvat kanssa. Uusien energiamääräyksien luonnokset ovat jo tässä diplomityössä käyty läpi, joten vain energia- sekä talouslaskelmat sekä tyypillisten rakenteiden selvittäminen pitäisi tehdä asuntorakennuksille.

Toisaalta myös hoiva-rakennusten parannusratkaisuita voi hakea maalämmön puolelta. Maalämpö tuo erilaiset energiansäästöparannukset. Maalämpö lämmitysjärjestelmänä toisi kolme erilaista pakettia kuin kaukolämmön paketit. Maalämpöjärjestelmän alkuinvestointi voi olla huomattavasti suurempi kuin kaukolämpöjärjestelmän, joka voi tarjota ongelman rakennusliikkeen kannalta. Maalämpöjärjestelmän myötä parannuksia rakennustekniselle puolelle ei tarvitsisi tehdä niin paljoa.

Massiivipuun tarjoama helpotus E-lukuun voi tarjota mahdollisuuksia hoiva-rakentamisen puolella. Maalämpö yhdistettynä massiivipuurakenteiseen rakennukseen voi olla rakennusliikkeelle todella hyvä vaihtoehto.

LÄHTEET

Aalto, R. (1983). Energiataloudellisten vertailumenetelmien perusteet. Tampereen Teknillinen Korkeakoulu.

Euroopan Komissio. (19.4.2012). Kustannusoptimaalisuuslaskenta. Euroopan unionin virallinen lehti C 115/1.

Euroopan unioni. (2014). Energia. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 10.1.2017): https://europa.eu/european-union/topics/energy_fi.

Granlund Consulting Oy. (2017). MOBO-optimointi. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 29.6.2017): <http://www.granlund.fi/palvelut/energiatehokkuus/optimointi/mobo-optimointi/>.

Heljo, J., Nippala, E. & Nuuttila, H. (2005). Rakennusten energiankulutus ja CO₂-ekv päästöt Suomessa. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakentamistalouden laitos. Saatavissa: http://webhotel2.tut.fi/ee/Materiaali/Ekorem/EKOREM_Loppuraportti_051214.pdf.

Kauppinen, J. (2017). Tulevien energiamääräysten valmisteluprosessi ja tilanne. Ympäristöministeriö. Saatavissa (viitattu 21.2.2017): http://www.tut.fi/cs/groups/public_news/@1102/@web/@p/documents/liit/x150386.pdf.

Kurnitski, J. (2012). Energiamääräykset 2012: Opas uudisrakennusten energiamääräysten soveltamiseen. Vammalan Kirjapaino Oy.

Kurvinen, A. & Heljo, J. (3.5.2011). Evako – Lähikorttelikorjaamisen taloudellisen päätöksenteon kriteeristö. Tampereen Teknillinen Yliopisto. Saatavissa: https://www.sli-deshare.net/ELC_Group/energianssttoimenpiteiden-kannattavuusmalli.

Kurvinen, A., Vihola, J. & Heljo, J. (2012). Energiataloudellisten valintojen taloudellisuustarkastelut. Rakentajan kalenteri 2012.

Lapti. (2017). Rakennuksien suunnitelmat sekä tiedot. Lapti dokumenttipankki.

Lylykangas, K., Andersson, A., Kiuru, J., Nieminen, J. & Päättälä J. (2015). Rakenteellinen energiatehokkuus opas. Rakennusteollisuus RT. Saatavissa: http://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/opaat-ohjeet/ret_opas_20150917.pdf.

Moisio, M. (2017). Arkkitehtoniset suunnitteluratkaisut ja energiatehokkuus. Tampereen Teknillinen Yliopisto. Saatavissa: <http://www.tut.fi/fi/tutkimus/tutkimusalat/rakennustekniikka/rakennetekniikka/rakennusfysiikka/combi/seminaarit/index.htm>.

Paroc. (2017). Paroc-eristeet ja muut tuotteet. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 31.5.2017): <http://www.paroc.fi/ratkaisut-tuotteet/tuotteet>.

Passiivi.info. (2017). Passiivitalon määritelmä. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 28.6.2017): <http://www.passiivi.info/data.php?sivu=maarittely>.

Pihla. (2017). Pihla ikkunat. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 31.5.2017): <https://www.pihla.fi/pihla-ikkunat/>.

Pulakka, S., Heimonen, I., Junnonen J-M. & Vuolle, M. (2007). Talotekniikan elinkaari-kustannukset. VTT Tiedotteita 2409. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2409.pdf>.

Rakennusliike Lapti Oy. (2017). Case-kohteiden piirustukset. Rakennusliike Lapti Oy dokumenttipankki.

Rakennusteollisuus RT ry. Energiämääräykset ja pientalorakentaja. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 10.1.2017): <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Asuminen/Pientalon-rakentajalle-ja-remontoijalle/Energiamaaraykset/>.

Rakennusteollisuus RT ry. Energiatehokkuuden parantaminen vähentää päästöjä. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 9.1.2017): <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/Ilmasto--ja-energiapolitiikka/>.

Rakennusteollisuus RT ry. Rakennusten energiatehokkuutta ohjaavat direktiivit. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 24.2.2017): <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/Ilmasto--ja-energiapolitiikka/Energiatehokkuus-suunnittelu-vaiheessa/>.

Rakentaja.fi. (14.1.2013). Joko sinä olet tutustunut passiivitaloon?. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 1.6.2017): https://www.rakentaja.fi/artikkelit/7445/spu_passiivitalo.htm.

Ramentor. (2017.) Elinkaarikustannukset (Life Cycle Costs, LCC). Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 15.6.2017): <http://www.ramentor.com/etusivu/teoria/elinkaarikustannukset/>.

RT-38794. (2016). Ebeco-lattialämmitysjärjestelmät. Rakennustietosäätiö RTS.

RT-38827. (2016). Aurinkolämpö- ja aurinkosähköjärjestelmät. Rakennustietosäätiö RTS.

RT RakMK-21504. (2011). Rakennusten energiatehokkuus; Määräykset ja ohjeet 2012. Rakennustietosäätiö RTS.

Reinikainen, E. (2015). Taustaraportti 3: Kustannuslaskenta – koulut ja päiväkodit. Fin-ZEB-hanke.

Tilastokeskus. (2017). PX-Web Statfin. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 13.6.2017): http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__ene__ehi/?rxid=dda4bd4c-bf65-48d6-af25-16bf1430c2b9.

Vehviläinen, I., Pesola, A., Heljo, J., Jääskeläinen, S., Kalenoja, H., Lahti, P., Mäkelä, K. & Ristimäki, M. (2010). Rakennetun ympäristön energiankäyttö ja kasvihuonepäästöt. Sitra.

Ympäristöministeriö. (2016). Energiatehokkuus. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 9.1.2017): http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Energiatehokkuus.

Ympäristöministeriö. (2015). Lausuntopyyntö energiatodistuslain ja energiatodistusrekisterilain muutosehdotuksesta. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 10.1.2017): [http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Lausuntopyynto_energiatodistuslain_ja_en\(35713\)](http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Lausuntopyynto_energiatodistuslain_ja_en(35713)).

Ympäristöministeriö. (2017). Lausuntopyyntö luonnoksista ympäristöministeriön asetukseksi ja luonnoksesta valtioneuvoston asetukseksi. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 25.2.2017): [http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Lausuntopyynnot_ja_lausuntoyhteenvedot/2016/Lausuntopyynto_luonnoksista_ymparistomin\(40554\)](http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Lausuntopyynnot_ja_lausuntoyhteenvedot/2016/Lausuntopyynto_luonnoksista_ymparistomin(40554)).

Ympäristöministeriö. (2011). Rakennusten energiatehokkuus; Määräykset ja ohjeet 2012. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 10.1.2017): http://www.finlex.fi/data/normit/37188/D3-2012_Suomi.pdf.

Ympäristöministeriö. (2011). Tasauslaskentaopas 2012. Saatavissa: <http://www.ym.fi/download/noname/%7B4A826B40-9B82-4749-B6BA-7A3537EA9DAE%7D/40514>.

Ympäristöministeriö. (2016). VNa energiamuotojen kertoimet muistio luonnos 7.10.2016. Saatavissa: [http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Lausuntopyynnot_ja_lausuntoyhteenvedot/2016/Lausuntopyynto_luonnoksista_ymparistomin\(40554\)](http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Lausuntopyynnot_ja_lausuntoyhteenvedot/2016/Lausuntopyynto_luonnoksista_ymparistomin(40554)).

Ympäristöministeriö. (2016). YMa uuden rakennuksen energiatehokkuudesta luonnos 7-10-2016. Saatavissa: [http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Lausuntopyynnot_ja_lausuntoyhteenvedot/2016/Lausuntopyynto_luonnoksista_ymparistomin\(40554\)](http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Lausuntopyynnot_ja_lausuntoyhteenvedot/2016/Lausuntopyynto_luonnoksista_ymparistomin(40554)).

Ympäristöministeriö, Sitra & Tekes. (2010). ERA 17: Energiaviisaan rakennetun ympäristön aika 2017. Editra Prima Oy.

Wasenco. (2017). Jäteveden lämmöntalteenotto. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 31.5.2017): <http://wasenco.com/jateveden-lammon-talteenotto/>.

LIITTEET

LIITE A: Haastattelupohja – Rakennesuunnittelija

LIITE B: Haastattelupohja – LVI-suunnittelija

LIITE C: Haastattelupohja – Sähkösuunnittelija

LIITE D: Haastattelupohja – Vesitaito

LIITE E: Talouslaskelmat

LIITE A: HAASTATTELUPOHJA – RAKENNESUUNNITTELIJA

1. *Oletteko seuranneet ollenkaan uusia energiatehokkuusvaatimuksia? (Kyllä/ei)
Jos kyllä, kuinka paljon?*

Palvelukoteihin sekä päiväkoteihin on nyt viimeisimmissä energiamääräyksien luonnoksissa määritetty E-luvuksi palvelukoteihin 160 kWh/(m²a) sekä päiväkoteihin 100 kWh/(m²a).

Rakenneosien U-arvot ovat tyypillisesti; alapohjarakenteet vaihtelevat välillä 0,14-0,15, ulkoseinät ovat 0,16 sekä yläpohjat ovat 0,09.

2. *Missä järjestyksessä parantaisitte seuraavien rakennusosien U-arvoja:*
 - a. *alapohja*
 - b. *ulkoseinä*
 - c. *yläpohja*
 - d. *ikkunat*
 - e. *ulko-ovet?*
3. *Ikkunoiden sekä ulko-ovien U-arvot 1,00. Parantaisitteko ikkunoiden tai ulko-ovien U-arvoa? Tuleeko mahdollisesti huurtumisen tai painon kanssa ongelmia, jotka voisivat rajoittaa kyseisten rakennusosien parannusmahdollisuuksia?*
4. *Onko kylmäsiltoja mahdollista/järkevää vähentää rakennuksissa? Miksi (onko joitain esteitä esimerkiksi).*
5. *Vaipan tiiveys q50-luku vaihtelee 1,0-2,0 välillä yleisesti. Parantaisitteko vaipan tiiveyttä? Jos kyllä, kuinka paljon?*
6. *Mitkä teidän mielestä olisivat parhaita paikkoja parantaa energiatehokkuutta? Miksi.*
7. *Tuleeko teille mahdollisesti mieleen, mitään muita parannusvaihtoehtoja, joita olisi järkevää lähteä toteuttamaan?*

8. *Valitkaa seuraavasta listasta teidän mielestänne parhaat ratkaisut, jotta saadaa järkevä kokonaisuus. Listassa on lueteltu rakenneosat sekä U-arvojen vaihtoehdot:*

- a. ulkoseinät
 - i. 0,16
 - ii. 0,14
 - iii. 0,12
 - iv. jokin muu?

- b. yläpohja
 - i. 0,09
 - ii. 0,07
 - iii. 0,05
 - iv. jokin muu?

- c. alapohja
 - i. 0,14
 - ii. 0,12
 - iii. 0,10
 - iv. jokin muu?

- d. ikkunat
 - i. 1,00
 - ii. 0,90
 - iii. 0,80
 - iv. jokin muu?

- e. ulko-ovet
 - i. 1,00
 - ii. 0,90
 - iii. 0,80
 - iv. jokin muu?

- f. vaipan tiiveys q50
 - i. 1,50
 - ii. 1,00
 - iii. 0,80

iv. $<0,80$

LIITE B: HAASTATTELUPOHJA – LVI-SUUNNITTELIJA

1. *Oletteko seuranneet ollenkaan uusia energiatehokkuusvaatimuksia? (Kyllä/ei)
Jos kyllä, kuinka paljon?*

Palvelukoteihin sekä päiväkoteihin on nyt viimeisimmissä energiamääräyksien luonnoksissa määritetty E-luvuksi palvelukoteihin 160 kWh/(m²a) sekä päiväkoteihin 100 kWh/(m²a).

2. *Minkälaisia vaihtoehtoisia lämmönjakojärjestelmiä rakennukseen on mahdollista saada? Nykyisin tyypillinen lämmönjakojärjestelmä on vesikiertoinen lattialämmitys.*
3. *Mikä juuri luettelemista lämmönjakojärjestelmistä olisi teidän mielestänne paras parannusvaihtoehto? Onko valitsemallanne vaihtoehdolla oleellisia huolto- ja uusimiskustannuksia?*
4. *Onko lämpimään käyttöveteen liittyen mitään energiatehokkuuden parantamisen vaihtoehtoja? Jos on, onko se kannattavaa toteuttaa?*
5. *Ilmanvaihtokoneisto; mikä olisi paras vaihtoehto, jos ajatellaan kustannuksia sekä energiatehokkuutta LTO:n vuosihyötysuhteeksi?*
6. *Miksi juuri valitsemanne LTO:n vuosihyötysuhde luku?*
7. *Mitä mieltä olette pyöriväkennoisesta, ristivirta, vastavirta ym. tekniikoista?*
8. *Entä IV-koneen SFP-luku? Lähtisittekö parantamaan SFP-lukua samalla?*
9. *Miten lähtisitte toteuttamaan ilmastoinnin ohjausta? Miten automaatiota voisi hyödyntää tehokkaimmin ilmanvaihdon osalta?*

- 10. Miten teidän mielestä olisi järkevää toteuttaa jäähdytys? Mikä olisi halvin järjestelmä, mikä voisi olla mahdollinen? Entä paras?*
- 11. Miten automaation avulla voisi parantaa LVI-järjestelmien energiatehokkuutta? Minkälaisia automaatiojärjestelmiä voisi olla kannattava laittaa energiatehokkuudeltaan?*
- 12. Jotta päästään uusiin energiamääräyksien raja-arvoihin, missä järjestyksessä parannuksia olisi kannattava lähteä toteuttamaan?*

LIITE C: HAASTATTELUPOHJA – SÄHKÖSUUNNITTELIJA

1. *Oletteko seuranneet ollenkaan uusia energiatehokkuusvaatimuksia? (Kyllä/ei)
Jos kyllä, kuinka paljon?*

Palvelukoteihin sekä päiväkoteihin on nyt viimeisimmissä energiamääräyksien luonnoksissa määritetty E-luvuksi palvelukoteihin 160 kWh/(m²a) sekä päiväkoteihin 100 kWh/(m²a).

2. *Valaistukseen on nyt yleisesti palvelutaloissa 7 W/m² sekä päiväkodeissa +9 W/m². Muuttaisitteko valaistusta mitenkään?*
3. *Miten toteuttaisitte energiatehokkaan valaistuksen hoiva-rakennuksiin?*
4. *Olisiko järkevää mielestänne asentaa läsnäolotunnistimille toimivaa valaistusta palvelukoteihin tai päiväkoteihin? Miksi?*
5. *Miten energiatehokkuutta voisi parantaa teidän mielestänne sähkösuunnittelijan näkökulmasta?*
6. *Kysymykseen 5. vastatuista asioita, mikä olisi halvin toteuttaa? Mikä olisi paras energiatehokkuudeltaan?*
7. *Onko mahdollista automaation avulla muuten parantaa energiatehokkuutta?
Miten?*
8. *Mitä vähintään kehottaisitte parantamaan, jotta päästäisiin lähemmäksi uusia energiamääräyksiä?*
9. *Miten tärkeänä pidätte sähkötehon suunnittelua (huipun leikkaus, yöaikainen pohjateho, kuorman ohjaus ym.)?*

LIITE D: HAASTATTELUPOHJA – VESITAITO

1. *Olette laskeneet Laptin kohteille energiatodistuksia. Mitkä rakenneosat kaipaisivat eniten parannusta teidän mielestänne?*
 - a. *alapohja (U=0,14-0,15)*
 - b. *yläpohja (U=0,07)*
 - c. *ulkoseinät (U=0,16)*
 - d. *ikkunat ja ovet (U=1,00),**mitä parannusta pitäisitte tärkeimpänä? Miksi?*
2. *Miten lähtisitte kehittämään lämmitysjärjestelmiä? Mikä olisi parannuksiltaan halvin toteuttaa vaihtoehto? Entä paras energian säästöiltään?*
3. *Näettekö järkeväksi parantaa käyttövesijärjestelmiä? Miksi?*
4. *Miten ilmanvaihtoa kannattaisi lähteä parantamaan teidän mielestänne?*
5. *Onko teidän mielestänne järkevää kohteisiin asentaa paremmat ilmanvaihtokoneet? LTO vuosihyötysuhde suuremmaksi sekä SFP-lukua paremmaksi?*
6. *Kysymyksen 6 liittyen; kuinka paljon tulisi olla LTO vuosihyötysuhde? Entä SFP-luku?*
7. *Onko järkevää laittaa parempaa valaistusta energiatehokkuudeltaan?*
8. *Onko sähköjärjestelmissä teidän mielestänne parannettavaa?*
9. *Miten näette automaation mahdollisuudet energiatehokkuuden osalta? Mitä automaatiojärjestelmiä kannattaisi laittaa kohteisiin, jos tehdään energiatehokas kokonaisuus?*

10. Mitkä toimenpiteet teidän mielestänne olisi hyvä tehdä energiatehokkuuden parantamiseksi? Jos ratkaisuihin kootaan pakettiratkaisut, mitä parannustoimenpiteitä kuuluisi mihinkin pakettiratkaisuun?

a. Rakennusaikaisiltaan kustannuksiltaan halvin (energiansäästö huonohko)

b. Parempi ratkaisu energiatehokkuudeltaan

c. Paras ratkaisu energiatehokkuudeltaan (kannattavuus huonohko)

11. Millä periaatteella valitsitte nämä toimenpiteet eri paketteihin?